

Kali und Steinsalz



Bähge

EU-Richtlinie über bergbauliche Abfälle –
Konsequenzen für die Kali- und Salzindustrie

Steinhage

Vorschlag für eine europäische Bodenschutz-Rahmenrichtlinie

Hanke

Einsatz von Streustoffen im Straßenwinterdienst –
aktuelle Entwicklungen

Thiele

Der Virtuelle Bohrwagen-Bedienstand VRBW5x zur Verbesserung
der Ausbildung von Bohrhauern in der K+S Gruppe

Siemann

Herkunft und Migration mineralgebundener Gase
der Zechstein 2 Schichten in Zielitz



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

„Politik und Gesetze werden in Brüssel gemacht“, wurde kürzlich am Rande einer Tagung geäußert, die sich mit der deutschen Industrie- und Umweltpolitik befasste.

Ganz so einfach ist es sicher nicht, aber die Rahmenbedingungen und Regelungen auch für die deutsche Industrie- und Wirtschaftspolitik werden sicherlich mehr und mehr durch die Organe der Europäischen Union beeinflusst. Die Europäische Kommission, die über das Initiativrecht im Bereich der Rechtssetzung in der Union verfügt, hat im November 2007 ihr Legislativ- und Arbeitsprogramm für das Jahr 2008 vorgelegt.

Den zunehmenden Prozess der Globalisierung als Herausforderung und Chance verstehend, kündigte die Kommission Initiativen und Maßnahmen in den Bereichen „Wachstum und Beschäftigung“, „Immigration und Migration“, „bürgernahes Europa“, „Europa als Partner in der Welt“ sowie das Ziel der besseren Rechtssetzung an.

Letztgenannte „better regulation“ sollte jedoch zu einer wirklichen Rechtsvereinfachung führen und nicht zu zusätzlich belastenden Maßnahmen.

Mit dem Büro Brüssel des VKS gelingt es uns, einerseits frühzeitig die Kenntnisse über geplante Gesetzesinitiativen zu erlangen und andererseits die Verbindungen zu Mitgliedern des Europäischen Parlamentes, des Rates und der Kommission sowie anderer betroffener Verbände intensiv zu nutzen.

Für den Bereich der Kali- und Steinsalzindustrie gibt es diverse Schwerpunktthemen. Über zwei dieser Themenbereiche möchten wir in dieser Ausgabe Kali und Steinsalz berichten.

Herr Dr. Bähge befasst sich mit der bereits in Kraft getretenen EU-Richtlinie über bergbauliche Abfälle, welche von den Mitgliedschaftenstaaten bis Anfang Mai 2008 in nationales Recht umgesetzt werden muss, und den daraus entstehenden Konsequenzen für die Kali- und Salzindustrie.

Der Beitrag von Herrn Dipl.-Oec. Steinhage betrifft einen noch im Entstehungsprozess befindlichen Vorschlag für eine Europäische Bodenschutz-Rahmen-Richtlinie, welcher durchaus kontrovers diskutiert wird. In Deutschland sind die Belange des Bodenschutzes bereits umfassend geregelt und es bedarf unseres Erachtens keiner entsprechenden Rahmenrichtlinie. Da jedoch einige Mitgliedstaaten, die nicht über ein nationales Bodenschutzgesetz verfügen, eine derartige Richtlinie fordern, wird im Europäischen Parlament weiter daran gearbeitet.

Um im weiteren Entwicklungsprozess dieser Rahmenrichtlinie nicht ausgeschlossen zu werden, haben wir zusammen mit anderen deutschen und europäischen Verbänden eine gemeinsame Position erarbeitet, deren wesentliche Punkte im Beitrag genannt werden.

„Der nächste Winter kommt bestimmt“. – So haben wir uns, sozusagen aus gegebenem Anlass, entschieden, Informationen zum Straßenwinterdienst zu liefern. Der Vorsitzende des Arbeitsausschusses Winterdienst der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Herr Dr.-Ing. Horst Hanke, stellt den Stand der Technik hinsichtlich des Einsatzes von Streustoffen sowie aktuelle Entwicklungen dar. Von den Versuchen und Erfahrungen unterschiedlicher Streutechniken, auch mit alternativen Streustoffen, wird berichtet. Die Salzstreuung mit Natriumchlorid als Taustoff ist als einziger Streustoff, der allen Anforderungen am besten gerecht wird, unbestritten.

Spannen wir den Bogen von der EU zum Bergbau – In der Mitteilung der EU-Kommission zu „Flexicurity“ wird u. a. festgestellt, dass lebenslanges Lernen sowohl zur Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen wie zur Beschäftigungsfähigkeit der Arbeitnehmer beiträgt.

Im Gewinnungsprozess unter Tage stellt das Bohren der Sprenglöcher den Kernprozess dar. Um die Bohrhauer in der K+S-Gruppe qualifiziert aus- und weiterzubilden, wurde ein virtueller Bohrwagen-Bedienstand entwickelt und umgesetzt, welcher im Beitrag von Herrn Dipl.-Ing. Johann-Christoph Thiele ausführlich beschrieben wird. Mit diesem virtuellen Bohrstand können mittels einer Simulation alle betrieblich relevanten Bohrprozesse durchgeführt werden. Meines Erachtens ein hervorragendes, wenn nicht gar „phantastisches“ Beispiel für die Verknüpfung von Theorie und Praxis.

Mit der Salzlagerstätte unter geologischen, mineralogischen und geochemischen Gesichtspunkten befasst sich der Beitrag von Herrn Michael G. Siemann von der Technischen Universität Clausthal. Im Rahmen des beschriebenen Forschungsvorhabens wurde eine Methode zur Anwendungsreife entwickelt, die es ermöglicht, die geringen mineralgebundenen Gasmengen hinsichtlich ihrer Isotopenzusammensetzung zu analysieren. Dabei erfolgte eine Trennung zwischen den inter- und intrakristallin gebundenen Gasmengen. Entscheidendes Ergebnis des Vorhabens ist die Erkenntnis, dass die Gase seit ca. 250 Millionen Jahren in Salinar eingeschlossen sind, eine wichtige Aussage im Hinblick auf die Barriereintegrität für Untertage-Deponien oder -Endlager.

Bitte beachten Sie auch die interessanten Nachrichten und Personalien aus unseren Mitgliedsunternehmen. Viel Spaß beim Lesen.

Wir, das Team des VKS, wünschen Ihnen eine schöne Weihnachtszeit und ein gesundes und gutes neues Jahr 2008. **■ Hartmut Behnen**

Mit herzlichem Glückauf,

Ihr

Hartmut Behnen

Titelbild: Rund um die Uhr – Winterdienst auf Autobahnen.
Foto: Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen, Universität Karlsruhe

Editorial	Seite 2
Abstracts	Seite 5
Bäthge EU-Richtlinie über bergbauliche Abfälle – Konsequenzen für die Kali- und Salzindustrie	Seite 6
Steinhage Vorschlag für eine europäische Bodenschutz-Rahmenrichtlinie	Seite 11
Impressum	Seite 13
Hanke Einsatz von Streustoffen im Straßenwinterdienst – aktuelle Entwicklungen	Seite 14
Thiele Der Virtuelle Bohrwagen-Bedienstand VRBW5x zur Verbesserung der Ausbildung von Bohrhauern in der K+S Gruppe	Seite 20
Siemann Herkunft und Migration mineralgebundener Gase der Zechstein 2 Schichten in Zielitz	Seite 26
Nachrichten aus den Unternehmen	Seite 42

Bäthge: EU Directive 2006/21/EC (mining waste)

The EU has adopted a Directive on the management of wastes from the extractive industry, referred to as Mine Waste Directive. This Directive must be implemented into national legislation of member states until March 1, 2008. Additional bureaucratic burden on the Potash and Salt Industry in Germany is evaluated.

Steinhage: Framework directive for the protection of soil

The proposal of the European Commission for a directive establishing a framework for the protection of soil is controversially discussed in Brussels. With the proposal which was presented on 22 September 2006, the Commission intends to protect the soil against degradation and to preserve its capacity to perform certain environmental, economic, social and cultural functions. Countries with existing soil legislation don't want to have an EU-directive at all or one which doesn't affect the national regimes, while countries without national legislation favour an EU-wide approach. For the mineral industry it is especially critical, that mining activities are placed under a general suspicion of being potentially soil polluting.

Hanke: Actual Development in the Field of Spreading Agents for Winter Maintenance

Winter Maintenance is very important to ensure safe and economic traffic in winter time. Nowadays nobody denies the fact that this aim can only be reached with thawing agents. The thawing agent which fulfils all demands the best is sodium chloride, especially with pre-wetting. But still there are

some actual research projects dealing with optimizing this spreading method. It is reported about changing the brine for pre-wetting, changing the percentage of the brine and using glucose for pre-wetting. In future there is the need for more research, especially in Germany.

Thiele: K+S improves training by virtuell reality methods

K+S Group introduces a virtual drilling jumbo at its underground potash-mine in Zielitz. The aim is to ensure an up-to-date training for all drilling jumbo operators now and in the next future.

Due to the rapid specialization of the increasingly younger generation of underground staff, swift action has to be taken regarding the qualified training of trainees and experienced operators, respectively. The training takes place in a 3D-environment and consists of practising, spatial imagination, operation of machinery and the drilling process itself, all in relation to the different salt deposit characteristics. Subjects of the 3D-environment are the drilling jumbos BW50 and 51 from SMAG, their kinematics and individual deposit situations.

In addition to this, the operating elements of the machines were reproduced authentically. Hence, the drilling process can be taught and trained in step with actual practise. Trainees immerse into virtuality via a silver screen with mono-beamer projection. It is the trainer's task to prepare and collocate the different training units. The interaction between trainer and trainees happens via remote control in interaction with particular salt deposit situations displayed on the screen. The trainer

supervises the learning process and can intervene by changing the rate, by resetting and repeating the displayed drilling process. This way, the trainer can respond direct to the individual strengths and weaknesses of each trainee.

The project VRBW5x hereby improves the qualification of the staff of the K+S Group and helps to yield first-class drilling results in the long run.

Siemann: Origin and Migration of mineral bounded gases in the Zechstein 2-Deposit in Zielitz

Up to now it was state of the art that the natural gases in the Zechstein 2 are migrated from older carboniferous layer through basal fissures in the the rock salt and finally into the potash seam. Aim of this project was to investigate the origin of the natural gases and their migration in relation to the mechanical history in the geological past. Two drilling cores through layered and highly folded salt structures were drilled. The gases on grain boundaries and in inclusions were sampled and investigated separately. The studies centered on the investigations on methane which was analysed by gaschromatography-mass spectrometry (GC-irMS). From the results of the study it is obviously that the methane in layered evaporites are stored unchanged since formation and diagenesis of the salts on grain boundaries as well as in inclusions. Isotopic signature of the methane can be modelled by kinetic fractionation by bacterial carbonate reduction and bacterial fermentation of dissolved inorganic carbon. At the moment, there is no evidence for large scale migration in the investigated formations.

EU-Richtlinie über bergbauliche Abfälle – Konsequenzen für die Kali- und Salzindustrie



Dr. Hans-Georg Bähge, Leiter Umwelt und Arbeitssicherheit, K+S Aktiengesellschaft

1 Einleitung

Die europäische Richtlinie über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der Mineral gewinnenden Industrie 2006/21/EG [1] wurde nach einem Vermittlungsverfahren am 11. April 2006 im Amtsblatt der EU veröffentlicht und ist am 1. Mai 2006 in Kraft getreten. Sie ist von den Mitgliedsstaaten bis zum 1. Mai 2008 in nationales Recht umzusetzen und somit für die Bergbauunternehmen rechtsverbindlich zu machen. Durch Änderung der §§ 66 und 68 BBergG vom 17.12.2006 [2] wurde der Bundeswirtschaftsminister ermächtigt, nicht nur EU-Rechtsakte hinsichtlich des Sicherheits- und des Gesundheitsschutzes, sondern alle EU-Rechtsakte für den Bergbau umzusetzen, soweit sie Rechtsgüter des Bundesberggesetzes betreffen. Mit Stand vom 30.07.2007 hat das Bundeswirtschaftsministerium einen Verordnungsentwurf zur Umsetzung der „Richtlinie bergbauliche Abfälle“ vorgelegt [5]. Die Auswirkungen der neuen Regelungen auf die Kali- und Steinsalzindustrie werden abgeleitet.

2 Anwendbarkeit der RL auf die Kali- und Salzindustrie

In der Salzindustrie werden Abfallentsorgungseinrichtungen für bergbauliche Abfälle nicht betrieben. Sie ist daher, nach unserer Ansicht, von der Richtlinie für bergbauliche Abfälle nicht betroffen.

Bei der Aufbereitung von Kaliohalsalzen in der Kaliindustrie fallen dagegen unvermeidbar feste Rückstände (bergbauliche Abfälle) an, die über Tage aufgehaldet werden. Diese Abfallentsorgungseinrichtungen unterliegen daher gemäß Art. 2 Abs. 1 dem Geltungsbereich der Richtlinie über bergbauliche Abfälle. Wegen der Einschränkungen und Erleichterungen in Art. 2 Abs. 3 ist jedoch zu fragen, ob sie allen Regelungen der Richtlinie unterliegen. Ein wichtiges Kriterium hierfür ist zunächst die Frage, ob die Einrichtungen zur Aufhaltung von Rückständen aus der Kaliindustrie der Kategorie A zuzuordnen sind. Die Kriterien für diese Zuordnung werden in Anhang III genannt:

Abfallentsorgungseinrichtungen werden in Kategorie A eingestuft, wenn

- die Risikoabschätzung, bei der Faktoren wie derzeitige oder künftige Größe, Standort und Umweltauswirkungen der Abfallentsorgungseinrichtung berücksichtigt wurden, ergibt, dass ein Versagen oder der nicht ordnungsgemäße Betrieb, wie z. B. das Abrutschen einer Halde oder ein Dammbbruch, zu einem schweren Unfall führen könnte, oder

- die Anlage Abfälle enthält, die gemäß der Richtlinie 91/689/EWG ab einem bestimmten Schwellenwert als gefährlich eingestuft werden, oder
- die Anlage Stoffe oder Zubereitungen enthält, die gemäß den Richtlinien 67/548/EWG bzw. 1999/45/EG ab einem bestimmten Schwellenwert als gefährlich eingestuft werden.

Rückstände der Kaliindustrie bestehen im Wesentlichen aus Natriumchlorid, einer natürlichen Substanz, die von jedermann verwendet wird und die in keiner Küche fehlt. Daneben enthalten die Rückstände geringe Gehalte an Chloriden und Sulfaten von Kalium, Magnesium und Calcium sowie in Wasser unlösliche Tone. Keiner dieser Stoffe ist als gefährlich im Sinne europäischer Regelungen eingestuft, weder als gefährlicher Abfall noch als gefährlicher Stoff oder gefährliche Zubereitung. Demzufolge treffen die beiden letzten Anstriche der o. g. Kriterien nicht zu. Es ist daher die Frage zu stellen, ob die Risikoabschätzung ergibt, dass ein physikalisches Versagen oder der nicht ordnungsgemäße Betrieb zu einem schweren Unfall führen könnte.

Festzustellen ist, dass an stillgelegten Rückstandshalden der Kaliindustrie niemals Abrutschungen von Teilen der Halde beobachtet werden konnten. Dies ist verständlich, weil bei stillgelegten Halden der ursprüngliche natürliche Böschungswinkel von ca. 37 Grad

durch weitere Setzung und Verfestigung immer kleiner wird und demzufolge die physikalische Stabilität stetig zunimmt. Ein Versagen wie das Abrutschen von Teilen der Halde wäre demzufolge nur dann möglich, wenn der Untergrund der Halde nicht stabil wäre. Die Stabilität des Untergrundes ist aber eine notwendige Voraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit der Halde und im Genehmigungsverfahren regelmäßig durch externe Gutachter nachzuweisen. Bei stillgelegten Rückstandshalden kann die Risikobewertung daher nur zu dem Schluss kommen, dass ein schwerer Unfall nicht auftreten kann.

Bei aktiv betriebenen Rückstandshalden ist eine Haldenrutschung dagegen nicht in jedem Fall auszuschließen und wurde auch schon beobachtet. Daher ist die Frage zu stellen, ob eine derartige Rutschung zu einem so genannten „schweren Unfall“ führen könnte. Nun enthält Art. 3 Abs. 16 der EU-Richtlinie zwar eine Begriffsbestimmung, was als schwerer Unfall im Sinne der Richtlinie betrachtet werden soll:

„schwerer Unfall“: ein Ereignis am Standort, das bei einem die Bewirtschaftung von mineralischen Abfällen umfassenden Betriebsprozess in einer der unter diese Richtlinie fallenden Einrichtung eintritt und das entweder sofort oder auf lange Sicht am Standort selbst oder außerhalb des Standorts zu einer ernstesten Gefährdung der menschlichen Gesundheit und/oder der Umwelt führt

Dabei wird aber der unbestimmte Begriff „ernste Gefährdung der menschlichen Gesundheit und/oder der Umwelt“ als Beschreibung der Folge eines „schweren Unfalls“ eingeführt. Diese Begriffsbestimmung lässt daher eine einfache Entscheidung, ob ein schwerer Unfall bei bestimmten aktiven Rückstandshalden der Kaliindustrie auftreten könnte, nicht zu. Hier wird es wesentlich darauf ankommen, was unter einer „ernsten Gefährdung der menschlichen Gesundheit und/oder der Umwelt“ verstanden werden soll.

Legt man allerdings als Maßstab für schwere Unfälle die Dammbrüche von Absetzteichen aus der Metallerzaufbereitung in Spanien (1998) und Rumänien (2000) zugrunde, die ja letztlich zur Erstellung der Richtlinie für bergbauliche Abfälle geführt haben, so würde die Risikoabschätzung eindeutig zu dem Ergebnis kommen müssen, dass derart gravierende Folgen bei Rückstandshalden der Kaliindustrie keinesfalls auftreten können.

Wir gehen deshalb davon aus, dass schwere Unfälle an Rückstandshalden der Kaliindustrie nicht auftreten können und sie demzufolge auch nicht in die Kategorie A einzuordnen sind. Gemäß Art. 9 ist es allerdings Aufgabe der zuständigen Behörde, die Abfallentsorgungseinrichtungen einzustufen. Wir erwarten deshalb, dass die zuständigen Behörden von uns Risikoabschätzungen und Einstufungsvorschläge abfordern

werden. Auch die Europäische Kommission wird sich mit diesem Thema weiter beschäftigen. Sie hat einen technischen Anpassungsausschuss (TAC) für bergbauliche Abfälle eingerichtet, der sich mit verschiedenen in Art. 22 der Richtlinie genannten Fragestellungen beschäftigen soll.

[\(1\) Bis 1. Mai 2008 verabschiedet die Kommission nach dem in Artikel 23 Absatz 2 genannten Verfahren die Bestimmungen für die nachstehenden Punkte unter vorrangiger Berücksichtigung der Buchstaben e, f und g:](#)

[g\) Festlegung der Kriterien für die Einstufung von Abfallentsorgungseinrichtungen gemäß Anhang III;](#)

Außerdem soll er notwendige Anpassungen der Anhänge an den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt erarbeiten.

Gemäß Art. 22 Abs. 1 Buchstabe g soll der TAC auch Kriterien für die Einstufung von Abfallentsorgungseinrichtungen gemäß Anhang III erarbeiten. Die vom TAC erarbeiteten Leitlinien sind dann zu berücksichtigen.

Für bestimmte Abfallentsorgungseinrichtungen, die nicht der Kategorie A zugeordnet sind, enthält die Richtlinie über bergbauliche Abfälle eine Reihe von Erleichterungen. Diese gelten allerdings überwiegend nur für Inertabfälle sowie für das Aufsuchen bestimmter anderer Rohstoffe, nicht jedoch für Evaporite. Rückstandshalden der Kaliindustrie sind aber nicht inert

und die abgelagerten Stoffe zählen eindeutig zu den Evaporiten. Die Erleichterungen der ersten beiden Absätze unter Nr. 3 kommen daher für die Kaliindustrie nicht in Frage. Wir gehen deshalb davon aus, dass die Vorgaben der Richtlinie über bergbauliche Abfälle, mit Ausnahme der speziellen zusätzlichen Regelungen für Kategorie A Anlagen, von der Kaliindustrie zu erfüllen sind.

3 Betreiberpflichten

Zahlreiche in der Richtlinie für bergbauliche Abfälle genannte Betreiberpflichten sind in Deutschland bereits seit vielen Jahren geübte Praxis. Nachfolgend soll deshalb nur auf die Regelungen eingegangen werden, die mit der Richtlinie neu eingeführt wurden. Die besonderen Regelungen für Kategorie A Anlagen werden dabei nicht weiter betrachtet, weil Rückstandshalden der Kaliindustrie nach derzeitiger Einschätzung nicht in diese Kategorie fallen.

3.1 Abfallbewirtschaftungsplan

Der Abfallbewirtschaftungsplan gemäß Art. 5 ist ein neues Element, das in dieser Form bisher nicht vorhanden ist. Allerdings werden in den heutigen Genehmigungsverfahren für die Aufhaltung von Rückständen der Kaliindustrie (grundsätzlich immer Planfeststellungsverfahren mit integrierter UVP) nahezu alle in Art. 5 Abs. 3 genannten Anforderungen an den Inhalt eines Abfallbewirtschaftungsplans bereits erarbeitet. Dies

gilt auch für die geforderte Charakterisierung der Abfälle gemäß Anhang II. Die Rückstände der Kaliindustrie sind nämlich nahezu vollständig in verdünnter Mineralsäure löslich und deshalb mit einfachen nasschemischen Methoden, die seit vielen Jahren bekannt und genormt sind, zu analysieren. Chemische und physikalische Eigenschaften der Rückstände können daher als bekannt vorausgesetzt werden.

Obwohl die Leitlinien zur Charakterisierung von bergbaulichen Abfällen durch den technischen Anpassungsausschuss für bergbauliche Abfälle (TAC) noch erarbeitet werden, sind Erschwernisse für die Kaliindustrie hier nicht zu erwarten. Der größte Teil des Abfallbewirtschaftungsplans kann demzufolge durch Verweis auf entsprechende Passagen in den Antragsunterlagen erfüllt werden.

Lediglich der Vorschlag für die Pläne zur Stilllegung, einschließlich Sanierung, Nachsorgephase und Überwachung (Art. 5 Abs. 3 Buchstabe f in Verbindung mit Art. 12), ist überwiegend einem Abschlussbetriebsplan vorbehalten und wird in Genehmigungsverfahren bisher nur am Rande behandelt. Da dieser Vorschlag Maßnahmen beschreiben soll, die mehrere Jahrzehnte in der Zukunft liegen, kann er naturgemäß nur generellen Charakter haben und keinesfalls die in heutigen Abschlussbetriebsplänen geforderten, detaillierten Angaben enthalten. Die vorgeschlagenen Maßnahmen müssen allerdings soweit konkretisiert sein, dass

eine Ermittlung der finanziellen Sicherheitsleistung gemäß Art. 14 möglich ist. Je nach geforderter Detailtiefe kann diese Vorgabe einen geringen oder auch einen erheblichen Mehraufwand hervorrufen.

Für die endgültige Stilllegung schreibt die Richtlinie kein Genehmigungsverfahren vor, sondern, nach Schlussabnahme vor Ort und Bewertung der vorgelegten Berichte, lediglich die Zustimmung der zuständigen Behörde. Wir gehen jedoch davon aus, dass diese Regelung in Deutschland nicht umgesetzt wird und es bei der heutigen Praxis der Aufstellung und Zulassung von Abschlussbetriebsplänen bleibt. Bei der Stilllegung von Abfallentsorgungseinrichtungen der Kaliindustrie erwarten wir daher ebenfalls keine wesentlichen Änderungen der bisherigen Verfahrensweise.

3.2 Finanzielle Sicherheitsleistung oder etwas Gleichwertiges

Mit der finanziellen Sicherheitsleistung soll sichergestellt werden, dass im Fall der Zahlungsunfähigkeit des Betreibers während oder am Ende der Betriebstätigkeit die für die ordnungsgemäße Schließung der Abfallentsorgungsanlage notwendigen Kosten nicht von staatlichen Stellen zu tragen sind. Sie wird allerdings nur bei Anlagen der Kategorie A verlangt. Demzufolge könnte bei Rückstandshalden der Kaliindustrie auf finanzielle Sicherheiten verzichtet werden. Neben der Sicherheitsleistung, z. B. in Form

der Hinterlegung eines Betrages, kann auch etwas anderes „Gleichwertiges“ als Sicherheit anerkannt werden (Art. 14 Abs. 1):

Mit dieser Formulierung soll der Vielfalt der Rechtssysteme in den Mitgliedsstaaten der EU Rechnung getragen werden. Demzufolge können auch, der deutschen Praxis folgend, handelsrechtlich zu bildende Rückstellungen eine Sicherheit im Sinne von Art. 14 der Richtlinie für bergbauliche Abfälle sein.

In der Kaliindustrie werden, wie in anderen Bergbauzweigen auch, diese Sicherheiten als Rückstellungen gebildet und deren Angemessenheit durch Wirtschaftsprüfer geprüft und testiert. Die Testate werden regelmäßig der zuständigen Behörde übergeben. Ob diese Sicherheiten aufgrund der neuen Rechtslage auch in Zukunft erbracht werden müssen, ist bei neuen Genehmigungsverfahren mit den zuständigen Behörden zu beraten. Auch für die finanzielle Sicherheitsleistung wird der technische Anpassungsausschuss (TAC) noch Leitlinien erarbeiten (Art. 22 Abs. 1 Buchstabe c). Es ist daher damit zu rechnen, dass in Zukunft nähere Ausführungen zur Kalkulation der finanziellen Sicherheitsleistung und dabei zu berücksichtigende Gesichtspunkte zu beachten sind.

3.3 Übergangsbestimmungen

Die Mitgliedsstaaten der EU haben bis zum 1. Mai 2012 sicherzustellen, dass die Bestimmungen der Richtlinie für betriebene Abfall-

entsorgungseinrichtungen für bergbaulichen Abfall eingehalten werden. Im Falle der finanziellen Sicherheit ist den Vorgaben bis zum 1. Mai 2014 nachzukommen (Art. 24 Abs. 1).

Für die aktiven Rückstandshalden der Kaliindustrie sind demzufolge insbesondere die Abfallbewirtschaftungspläne bis zu diesem Zeitpunkt zu erarbeiten. Ob die Berechnung der Rückstellungen dazu vollkommen neu ausgeführt werden muss, wird im Wesentlichen von den erarbeiteten Leitlinien des TAC und den in Abfallbewirtschaftungsplänen enthaltenen Angaben zur Stilllegung der Rückstandshalden abhängen. Gegebenenfalls werden weitere Gesichtspunkte, die bisher nicht berücksichtigt wurden, eine Neukalkulation erforderlich machen.

4 Bewertung und Ausblick

Von Seiten des Bergbaus wurde bereits frühzeitig bemängelt, dass die Regelungen der Abfall-Rahmenrichtlinie [3] und der Deponierichtlinie [4] nicht auf die speziellen Bedingungen im Bergbau anwendbar sind. Die Rohstoffgewinnung unterscheidet sich nämlich erheblich von anderen Industriezweigen und der kommunalen Abfallentsorgung. So ist die Gewinnung von Rohstoffen standortgebunden, weil sie nur dort erfolgen kann, wo sich die Bodenschätze von Natur aus befinden. Außerdem können Rohstoffe untertägig erst dann gewonnen werden, wenn entsprechende Zugänge wie Schächte, Stollen und

Strecken errichtet worden sind. Auf die natürliche Zusammensetzung des dabei anfallenden Materials hat der Bergbaubetreiber aber keinen Einfluss.

Die Verabschiedung und Inkraftsetzung einer eigenständigen europäischen Richtlinie für bergbauliche Abfälle ist daher grundsätzlich positiv zu bewerten.

Für Betreiber von Entsorgungseinrichtungen, deren Genehmigung nach dem Planfeststellungsverfahren mit integrierter Umweltverträglichkeitsprüfung erfolgt, werden die Vorgaben der Richtlinie bereits heute weitestgehend erfüllt. Im Verlauf des Genehmigungsverfahrens werden auch die Inhalte des als neues Instrument vorgegebenen Abfallbewirtschaftungsplans im Wesentlichen erarbeitet. Dieser muss allerdings für aktive Abfallentsorgungsanlagen bis zum 1. Mai 2012 vom Betreiber neu erstellt werden und wird demzufolge einen zusätzlichen Arbeitsaufwand verursachen. Welche Anforderungen und Detailtiefe dabei an den Vorschlag für Pläne zur Stilllegung der Abfallentsorgungsanlage gestellt werden ist allerdings noch unsicher.

Unbestimmt sind derzeit auch noch die Kriterien zur Einstufung von Abfallentsorgungsanlagen in Kategorie A. Die hierzu erforderliche Risikoabschätzung wird einen zusätzlichen Aufwand erzeugen.

Sowohl die nationale Umsetzung der Richtlinie für bergbauliche Abfälle als auch die Arbeit des TAC auf europäischer Ebene bleiben spannend und müssen sorgfältig

begleitet werden. Überraschungen sind dabei nicht ausgeschlossen.

Literatur

[1] Richtlinie 2006/21/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2006 über die Bewirtschaftung von Abfällen aus der mineralgewinnenden Industrie und zur Änderung der Richtlinie 12004/35/EG, Amtsblatt der Europäischen Union L102 vom 11.04.2006, Seiten 15–34.

[2] Gesetz zur Beschleunigung von Planungsverfahren für Infrastrukturvorhaben vom 9. Dezember 2006, BGBl Teil I Nr. 59 vom 16.12.2006, Seiten 2833–2853.

[3] Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1975 über Abfälle (75/442/EWG), ABl. Nr. L 194 vom 25. Juli 1975, S. 47,

geändert am 26. März 1991 durch Richtlinie 91/156/EWG, ABl. Nr. L 78, S. 32,

geändert am 23. Dezember 1991 durch Richtlinie 91/692/EWG, ABl. Nr. L 377, S. 48,

geändert am 6. Juni 1996 durch Entscheidung der Kommission 96/350/EG vom 25. Mai 1996 zur Anpassung der Anhänge IIA und IIB, ABl. Nr. L 135, S. 32.

[4] Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien, ABl. Nr. L 182 vom 16.7.1999 S. 1.

[5] Entwurf einer Dritten Verordnung zur Änderung bergrechtlicher Verordnungen, BMWi (Stand 30.07.2007).

Vorschlag für eine europäische Bodenschutz-Rahmenrichtlinie



Manfred Steinhage,
Leiter des VKS-Büros in Brüssel

Ein zurzeit in Brüssel kontrovers diskutiertes Thema ist der Richtlinienvorschlag zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Bodenschutz. Mit diesem Vorschlag, der am 22. September 2006 von der Europäischen Kommission vorgelegt wurde, beabsichtigt die zuständige Generaldirektion Umwelt, den Boden zu schützen und die Fähigkeiten des Bodens zur Erfüllung ökologischer, wirtschaftlicher und kultureller Funktionen zu erhalten.

Die Europäische Kommission ist der Ansicht, dass der Boden eine natürliche Ressource von gemeinschaftlichem Interesse ist, deren Umweltbelastung beständig zunimmt und daher Maßnahmen ergriffen werden müssen, um einer weiteren Verschlechterung der Bodenqualitäten im Sinne der Nachhaltigkeit und langfristigen Wettbewerbsfähigkeit entgegenzuwirken. Die Kommission schlägt auf der Basis des sechsten Umweltaktionsprogramms der Europäischen Gemeinschaft und der Thematischen Strategie für den Bodenschutz einen rechtlichen Rahmen vor, in dem gemeinsame Ziele und Grundsätze zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung der Böden in der Europäischen Union (EU) festgelegt werden. Damit soll die noch bestehende Lücke in der EU-Gesetzgebung bei den zu regulierenden Umweltmedien (Luft,

Wasser und Boden) geschlossen werden. Die Europäische Kommission schätzt die Kosten der zunehmenden Verschlechterung der Bodenqualitäten auf bis zu 38 Mrd. Euro jährlich, wenn keine konkreten Maßnahmen ergriffen werden. Dem stehen nach Angaben der Kommission jährliche Kosten der Umsetzung in Höhe von bis zu 290 Mio. Euro mit abnehmender Tendenz gegenüber. Die Kosten für die geforderten Maßnahmen zur Sanierung des Bodens in den einzelnen EU-Mitgliedstaaten sind in dieser Schätzung jedoch nicht erfasst. Die Daten für Nordrhein-Westfalen (NRW) zeigen, in welcher Größenordnung sich die Sanierungskosten belaufen können. Allein in NRW wurden nach Angaben der Landesregierung bisher Mittel in Höhe von etwa 1 Mrd. Euro für die Sanierung von ca. 5.000 Verdachts-

flächen verwendet. Insgesamt sind in NRW über 56.000 potentiell kontaminierte Standorte auf der Grundlage des bestehenden nationalen Rechts identifiziert worden. Würde man diese Summen proportional auf andere Bundesländer und EU-Staaten – unabhängig von der einzelnen Bodenbelastung – übertragen, so wird der enorme Finanzbedarf ersichtlich.

Der Richtlinienvorschlag beinhaltet u. a. folgende Elemente:

- Bestimmte Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der natürlichen Bodenfunktionen.
- Die Ausweisung von Gebieten mit bestimmten Bodenrisiken, sog. Risikogebieten. Als Bodenrisiken werden genannt: Erosion, Verlust organischer Substanzen, Verdichtung, Versalzung durch Anreicherung von löslichen Salzen im Boden und Erdrutsche.

Die Mitgliedstaaten werden aufgefordert, Maßnahmenprogramme zur Verringerung der Risiken und Zeitpläne für die Durchführung der Maßnahmen zu erstellen sowie die dafür notwendigen Finanzmittel zu schätzen.

- Maßnahmen zur Begrenzung von Einträgen gefährlicher Stoffe in den Boden.
- Das Aufstellen eines Verzeichnisses der durch menschliche Tätigkeiten verunreinigten Standorte. Darunter versteht die Kommission eine Auflistung von potentiell bodenverschmutzenden Tätigkeiten, wozu u. a. Bergbauanlagen und Abfalldeponien gezählt werden. Gleichzeitig ist von den Mitgliedstaaten eine Sanierungsstrategie zu erarbeiten.
- Erstellen eines Bodenzustandsberichtes bei Verkauf eines Standortes, auf dem verschmutzende industrielle Tätigkeiten stattfinden oder stattgefunden haben.

Das Thema Bodenschutz ist für die gesamte rohstoffgewinnende Industrie sowie für die Kali- und Salzindustrie von großer Bedeutung. Der Abbau von mineralischen Rohstoffen kann nur dort erfolgen, wo Rohstoffvorkommen aufgrund der natürlichen Gegebenheiten vorhanden sind. Zur Gewinnung der Rohstoffe ist ein Eingriff in den Boden unabdingbar. Diese Beeinträchtigung wird durch die nachhaltige Produktionsweise und nachfolgende Rekultivierungsverpflichtungen jedoch minimiert. Diesen Belangen muss ein Regelungsregime zum Schutz des Bodens Rechnung tragen, welches die Nutzung des Bodens zur Gewinnung von Rohstoffen anerkennt.

In Kooperation mit den deutschen und den europäischen Rohstoffverbänden EuSalt und Euromines sowie dem Bundesverband der Deutschen Industrie hat auch der

VKS den geplanten EU-Rechtsakt aus Subsidiaritätsgründen zunächst entschieden abgelehnt. Es besteht keine Notwendigkeit, eine Bodenschutzregelung auf europäischer Ebene zu verabschieden, da zumindest in Deutschland die Belange des Bodenschutzes bereits umfassend geregelt sind. Nach dem Subsidiaritätsprinzip ist auf europäischer Ebene eine Regelung nur dann notwendig, wenn die Mitgliedstaaten diesen Bereich nicht selbst effizient regeln können. Da jedoch lediglich in neun EU-Mitgliedstaaten nationale Bodenschutzregime existieren, fordern zum Teil diejenigen EU-Mitgliedstaaten, die über keine nationale Gesetzgebung verfügen, die Schaffung einer europäischen Rahmengesetzgebung.

Darüber hinaus ist die von der Kommission genannte Begründung, Boden sei eine gemeinschaftliche Ressource, kaum nachzuvollziehen. Der Bodenzustand ist durch ein hohes Maß an Diversität und Komplexität mit großen regionalen Unterschieden gekennzeichnet. Ferner verursacht der Boden in der Regel keine grenzüberschreitenden Wirkungen. Daher werden nationale Regelungen als völlig ausreichend erachtet.

Zur erforderlichen Mitgestaltung des Entscheidungsprozesses haben die deutschen Rohstoffverbände vorsorglich eine gemeinsame Stellungnahme zum Richtlinien-vorschlag erarbeitet, die sich im Wesentlichen auf folgende Punkte konzentriert:

1. Die Bodenschutz-Rahmenrichtlinie muss einen nutzungsorientierten Ansatz verfolgen. Neben den sozialen und kulturellen Funktionen muss auch die wirtschaftliche Funktion des Bodens, z. B. in Form der Nutzung von Rohstofflagerstätten, berücksichtigt werden. Zudem sollte beachtet werden, dass bestimmte Boden-

funktionen durch andere Nutzungsfunktionen vorübergehend beeinträchtigt werden können.

2. Rohstoffgewinnungsgebiete dürfen nicht als Risikogebiete für den Boden eingestuft werden, wenn Rohstoffe in Einklang mit der Richtlinie unter Beachtung des Vorsorgeprinzips nachhaltig abgebaut werden.

3. Die vorgeschlagenen Sanierungsregelungen sind unverhältnismäßig und verstoßen gegen das Subsidiaritätsprinzip. Der angemessene Umgang mit Altlasten kann nur vor Ort und einzelfallbezogen unter Beachtung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes erfolgen.

4. Standorte, an denen unter anderem bergbauliche Tätigkeiten stattfinden oder stattgefunden haben, dürfen grundsätzlich nicht „als potentiell bodenverschmutzende Standorte“ eingestuft werden. Dieser Generalverdacht gegen nahezu alle industriellen Tätigkeiten würde dazu führen, dass die Auswirkungen auf den Boden bei bereits genehmigten Tätigkeiten nachträglich saniert werden müssten. Dieses widerspricht den Grundsätzen der Rechtssicherheit und des Vertrauensschutzes und ist daher abzulehnen.

5. Zur Vermeidung von widersprüchlichen Regelungen und zur Verfahrensvereinfachung muss das Verhältnis der Bodenschutz-Rahmenrichtlinie zu anderen bestehenden EU-Umweltrichtlinien geklärt werden.

Der Richtlinien-vorschlag wird derzeit im EU-Ministerrat für Umwelt und im Europäischen Parlament (EP) in Erster Lesung beraten. Im Europäischen Parlament wurde die grundsätzliche Ablehnung des Richtlinien-vorschlags insbesondere von den christdemokratischen Europaabgeordneten, und hier vor allem von den deutschen, in die vier EP-Ausschüsse eingebracht, die sich

mit der Bodenschutz-Rahmenrichtlinie beschäftigen. Lediglich im EP-Rechtsausschuss wurde dieser Antrag mit Verweis auf das Subsidiaritätsprinzip angenommen. Der federführende EP-Ausschuss für Umweltfragen, Volksgesundheit und Lebensmittelsicherheit und das EP-Plenum sprachen sich gegen eine Ablehnung der Richtlinie aus. Das EP-Plenum nahm in seiner Abstimmung am 14. November 2007 eine Reihe von Änderungsanträgen an, die einige Forderungen der Industrie beinhalten. Andererseits wurden Positionen u. a. zur Erfassung

kontaminierter Standorte verabschiedet, die zum Teil den Bericht des EP-Umweltausschusses noch verschärfen.

Im EU-Ministerrat für Umwelt laufen die Verhandlungen ebenfalls auf Hochtouren. Die Verhandlungspositionen sind uneinheitlich. Während vor allem die ost- und südeuropäischen Staaten, die über keine Bodenschutzgesetzgebung verfügen, den Kommissionsvorschlag begrüßen, stehen wichtige Industriestaaten wie Großbritannien, Frankreich, Niederlande und Österreich diesem kritisch gegen-

über. Auch Deutschland setzt sich dafür ein, den Inhalt der Bodenschutz-Rahmenrichtlinie so mitzugestalten, dass der Umsetzungsbedarf möglichst gering bleibt. Im EU-Ministerrat für Umwelt ist eine politische Einigung für Dezember 2007 geplant.

Der VKS wird sich in Kooperation mit den deutschen Rohstoffverbänden und dem Bundesverband der Deutschen Industrie weiterhin dafür einsetzen, die Interessen der deutschen Kali- und Salzindustrie in die weiteren Beratungen einzubringen.

Impressum

Kali und Steinsalz

herausgegeben vom VKS e.V.

VKS e. V.:

Reinhardtstraße 18A
10117 Berlin
Tel. +49 (0) 30.8 47 10 69.0
Fax +49 (0) 30.8 47 10 69.21
E-Mail: info.berlin@vks-kalisalz.de
www.vks-kalisalz.de

Erscheinungsweise:

dreimal jährlich in loser Folge

ISSN 1614-1210

Redaktionsleitung:

Dieter Krüger, VKS e.V.
Tel. (030) 8 47 10 69 13

Redaktionsausschuss:

Hartmut Behnsen, VKS e.V.
Dr. Wolfgang Beer, K+S Aktiengesellschaft
Uwe Handke, K+S Aktiengesellschaft
Gerhard Horn, K+S KALI GmbH
Frank Hunstock, K+S Aktiengesellschaft
Manfred Koopmann, esco GmbH & Co. KG
Dr. Volker Lukas, K+S Entsorgung GmbH
Prof. Dr. Ingo Stahl, K+S Aktiengesellschaft

Herstellung und Layout:

diepiloten
Dirk Linnerz
Rungestraße 22-24
10179 Berlin
Tel. (030) 81 79 74 80
Fax (030) 81 79 74 81
E-Mail: dirk.linnerz@diepiloten.de
www.diepiloten.de

Druck:

Druckerei Lippert

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Genehmigung des VKS e.V. unzulässig. Dies gilt auch für herkömmliche Vervielfältigungen (darunter Fotokopien, Nachdruck), Übersetzungen, Aufnahme in Mikrofilmarchive, elektronische Datenbanken und Mailboxes sowie für Vervielfältigungen auf CD-ROM oder anderen digitalen Datenträgern. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens zulässig hergestellte oder benutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, D-80336 München.

Einsatz von Streustoffen im Straßenwinterdienst – aktuelle Entwicklungen



Dr.-Ing. Horst Hanke
Direktor des Landesbetriebs
für Straßenbau,
Neunkirchen/Saarland
Vorsitzender des Arbeits-
ausschusses Winterdienst der
Forschungsgesellschaft für
Straßen- und Verkehrswesen

Der Straßenwinterdienst hat die Aufgabe, während der Winterperioden für jederzeit sichere und leistungsfähige Straßen zu sorgen, und leistet damit einen hohen Beitrag zur Mobilitätssicherung und zur Wirtschaftskraft im Winter. Dass diese Aufgabe auf allen schnell und stark befahrenen Straßen, d.h. dem klassifizierten Straßennetz sowie den Hauptverkehrsstraßen in den Kommunen (dies sind auch die Straßen, auf denen eine gesetzliche Streupflicht besteht) nur mit auftauenden Streustoffen gesetzeskonform, effektiv und wirtschaftlich gelöst werden kann, ist heute weitestgehend unbestritten. Die Entwicklung der Streutechnik, insbesondere die Feuchtsalztechnik hat zudem dazu geführt, dass mit der Salzlösung auch aus ökologischer Sicht der bestmögliche Kompromiss erreicht wird (Gartiser 2003, Hanke 2006a). Natriumchlorid als Taustoff ist dabei mittlerweile als allen Anforderungen am besten gerecht werdender Streustoff unbestritten und in zahlreichen Untersuchungen weltweit mehrfach bestätigt worden. Trotzdem geht die Entwicklung der Streutechnik weiter: Sowohl national als auch international werden Techniken zur Verbesserung der Streustoffe und der Streutechnik erprobt, im Zuge der europäischen Normung sollen nun auch hohe Anforderungen an die Qualität der Streugeräte gestellt werden (siehe hierzu Hanke 2006c). Im Folgenden wird über diese Entwicklungen kurz berichtet.



Abb. 1: Feuchtsalz-Streufahrzeug / typical spreader for pre-wetted salt

Feuchtsalz-Technik – ohne Alternativen?

Mittlerweile unumstritten ist, dass die Feuchtsalz-Streuung der Trockensalz-Streuung deutlich überlegen ist. Bei der Feuchtsalz-Streuung wird das trockene Streusalz unmittelbar vor dem Ausstreuen mit einer Salzlösung befeuchtet, in der Regel im Verhältnis Trockensalz – Lösung von 70:30. Dies erfordert allerdings höhere Investitionen, da auf dem Fahrzeug die Lösung im separaten Tank mitgeführt werden muss und weil die Lösung im Betriebshof aufbereitet und gelagert werden muss.

Trotzdem haben verschiedene Untersuchungen in der Vergangenheit gezeigt, dass gegenüber dem Trockensalz die Einsparungen so groß sind, dass sich die Mehrinvestitionen amortisieren. Aber nicht nur die Wirtschaftlichkeit spricht für Feuchtsalz, sondern auch die Verkehrssicherheit und die Ökologie, da das Salz gezielter ausgebracht werden kann, schneller in Lösung

geht und länger auf der Fahrbahn haftet; es wird also mit einer geringeren Menge eine bessere Wirkung erzielt. Zudem wird je nach verwendeter Lösung auch die Wirksamkeit bei tiefen Temperaturen verbessert (Hanke 1991, 1998, 2006a).

Die Diskussion heute geht vielmehr um die Frage der „richtigen“ bzw. besten Variante von Feuchtsalz. Zum einen geht es um die Frage des Anteils der Salzlösung an der Gesamtmasse, zum anderen um die Frage, welche Salzlösung zum Anfeuchten verwendet werden sollte. Beide Fragen sind zum heutigen Zeitpunkt noch nicht umfassend untersucht worden und können somit nicht abschließend beantwortet werden.

Lösungsanteil bei der Anfeuchtung

Zur Frage des Anteils der Salzlösung ist zu sagen, dass die heute üblicherweise verwendeten 30 % mehr oder weniger willkürlich bzw. zufällig entstanden sind, als seinerzeit die Feuchtsalz-Technik in der

heutigen Form in Rheinland-Pfalz praxisreif entwickelt wurde (Hahn/Bauer 1981). Dieser Anteil hat sich in der Praxis bewährt, und alle umfangreichen Untersuchungen zu den praktisch erreichten Salzeinsparungen basieren auf diesem Verhältnis (Hanke 1998).

Das schließt natürlich nicht aus, dass auch andere Verhältnisse möglich bzw. zielführend sind, solange diese deutlich über 5 % liegen, denn die 5-prozentige Anfeuchtung wurde seinerzeit auch untersucht und als weniger effektiv bewertet.

Hier hilft eine theoretische Betrachtung weiter: Die Feuchtigkeit dient vor allem zur Verbesserung des Streubildes (schnellere und bessere Verteilung der Flüssigkeit auf der Fahrbahn), der Bindung des Salz-Feinstaubes sowie der besseren Haftung auf der Fahrbahn. Dies dürfte auch mit Anteilen ab etwa 15 bis 20 % aufwärts zu erreichen sein. Da mit steigendem Lösungsanteil auch der Wasseranteil steigt und somit die tauwirksame Substanz

verringert wird, sind Anteile, die weit über die 30 oder 40 % hinausgehen, meist kontraproduktiv für die Tauwirkung, insbesondere bei tiefen Temperaturen oder dicken Eis- und Schneeschichten. Es gibt also je nach Aufgabenstellung gegenläufige Entwicklungen.

Ideal wäre dementsprechend, den Lösungsanteil je nach Anwendungsfall (Glätteart) zu variieren: Bei vorbeugenden Streuungen sowie leichter Reif- und Eisglätte nahe dem Gefrierpunkt kommt es darauf an, geringe Salzmengen möglichst gleichmäßig auszubringen und an der Fahrbahn haften zu lassen; dementsprechend wäre ein hoher Feuchteanteil, durchaus 50 % und mehr, eventuell sogar die reine Lösungsausbringung (100 %) sinnvoll. Im Gegensatz dazu wäre beim Streuen auf eine Schneedecke oder Eisschicht oder in den fallenden Schnee hinein eine hohe Trockensalz-Konzentration wichtig, die Feuchte wird nur noch für die Bindung der Feinanteile und das Streubild benötigt, im Extremfall könnte also der Lösungsanteil bis auf 10 % reduziert werden.

Heutige vollelektronische Streugeräte ermöglichen zwar die variable Einstellung des Lösungsanteils, hiervon ist jedoch insofern abzuraten, da dies dem Fahrer nicht zusätzlich zu seinen vielen Aufgaben zugemutet werden kann. Für den Fahrer ist es schon schwer genug, im Einsatz jeweils die richtige Streudichte zu wählen und die Streubreite laufend anzupassen.

Bei automatisierten Streugeräten, insbesondere solchen mit Thermographie und voreingestellten Streustufen, wäre allerdings denkbar, bei diesen Stufen unterschiedliche Feuchteanteile zu hinterlegen. Teilweise wird dies auch heute schon so gemacht. Dies wird sicherlich die Zukunft der Streu-



Abb. 2: Streubild Feuchtsalzausbringung / spreading pre-wetted salt

technik darstellen, um die Feuchtsalzstreuung weiter zu optimieren und mit minimalem Salzeinsatz optimale Wirkungen zu erzielen. Hier ist allerdings noch einiges an Forschung erforderlich, um diese Streudichten und Lösungsanteile optimal festzulegen.

Verwendete Lösung zum Anfeuchten

Bei der seinerzeitigen Entwicklung der Feuchtsalz-Technik wurde generell eine Calciumchlorid-Lösung (CaCl_2) verwendet. Diese brachte in Kombination zum trockenen Natriumchlorid (NaCl) den Vorteil, dass diese auch bei tieferen Temperaturen noch wirkte und somit den Feuchtsalz-Einsatz auch noch deutlich unter -10°C problemlos erlaubte. Außerdem trug das endotherme und hygroskopische CaCl_2 zur schnelleren Tauwirkung und besseren Haftung auf der Straße bei.

Aus Gründen der Verfügbarkeit wurde später auch Magnesiumchlorid (MgCl_2) zur Anfeuchtung verwendet, ein Salz, das ganz ähnliche chemisch-physikalische Eigenschaften wie Calciumchlorid aufweist. Je nach regionaler Verfügbarkeit sind heute beide Salze in der Bundesrepublik im Einsatz,

im Ausland wird derzeit noch größtenteils CaCl_2 zur Anfeuchtung verwendet.

Alle grundlegenden Untersuchungen zur Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Feuchtsalz-Technik, in denen noch heute gültigeren Effektivität nachgewiesen wurde, beziehen sich auf diese beiden Salze (Hanke 1998).

Seit einigen Jahren verbreitet sich in Deutschland zunehmend auch die Verwendung von Natriumchlorid-Lösung für Feuchtsalz. Dies hat gegenüber den beiden anderen Salzen den Vorteil, dass man diese Lösung über Salzlöseanlagen preisgünstig selbst mit dem üblicherweise verwendeten Trockensalz anmischen kann. Man braucht also nur eine Sorte Salz zu beschaffen, und die Kosten für das Salz und die Löseanlage sind günstiger als das CaCl_2 oder MgCl_2 , das meist als konzentrierte Lösung geliefert wird; zudem ist die Verfügbarkeit der Lösung besser zu beeinflussen. Allerdings sind bei den meisten Preisvergleichen die eigenen Personalkosten für den Betrieb der Löseanlage nicht berücksichtigt, ob sich bei ehrlicher Rechnung noch ein Kostenvorteil ergibt, sei dahingestellt. Die weitere

Frage ist, ob das NaCl -Feuchtsalz alle positiven Eigenschaften des $\text{CaCl}_2/\text{MgCl}_2$ -Feuchtsalzes aufweist oder ob hier auch Einbußen hingenommen werden müssen. Aus der Praxis heraus wird von Seiten der Anwender der NaCl -Lösung größtenteils berichtet, dass es keine Probleme gebe, allerdings gibt es auch umgekehrte Stimmen hinsichtlich der Tauwirkung. Wissenschaftlich abgesicherte praxisbezogene Aussagen gibt es in Deutschland hierzu bisher nicht.

Die erste Untersuchung, die sich mit dieser Thematik befasst hat, ist eine aktuelle Studie aus Norwegen (Vaa 2007). Dort hat man über drei Winterperioden hinweg in zwei Testgebieten Feuchtsalz mit Magnesiumchlorid-Lösung mit Feuchtsalz mit Natriumchlorid-Lösung im Praxiseinsatz intensiv verglichen. Verglichen wurden der Salzverbrauch über den gesamten Winter sowie der Kraftschluss nach erfolgter Streuung, der regelmäßig gemessen wurde.

Die Ergebnisse zeigten eine eindeutige Tendenz: Beim Kraftschluss war bei Temperaturen knapp unter dem Nullpunkt kein Unterschied in der Wirkung der beiden Feuchtsalz-Methoden festzustellen, allerdings unterhalb von -6°C war der Kraftschluss bei Magnesiumchlorid-Lösung signifikant höher als bei reiner Natriumchlorid-Lösung. Diese Ergebnisse überraschen nicht, denn die bessere Wirksamkeit von Magnesiumchlorid bei tiefen Temperaturen ist physikalisch eindeutig, bemerkenswert ist höchstens, dass sich dies auch so eindeutig im Kraftschluss unmittelbar widerspiegelt.

Überraschend deutlich hingegen war der Unterschied im Salzverbrauch: Über drei Winterperioden hinweg war der mittlere Salzverbrauch um immerhin 22 % nied-

riger bei Verwendung von Magnesiumchlorid, und das bei gleichzeitig besserer Wirkung (siehe oben). Um streckenbedingte Einflüsse auszuschließen, wurde im dritten Winter die Verwendung der Salze in den Testgebieten umgekehrt, jedoch mit dem gleichen Ergebnis. Die Verwendung von MgCl_2 für die Salzlösung ist damit trotz höherer Preise insgesamt wirtschaftlicher und effektiver.

Es wäre durchaus wünschenswert und interessant, ähnliche Untersuchungen auch in Deutschland durchzuführen. Sicherlich ist der Anteil der sehr tiefen Temperaturen in Norwegen höher, so dass die Ergebnisse nicht direkt übertragbar sind, inwieweit die sehr unterschiedlichen Verkehrsmengen hier eine Rolle spielen, ist auch unklar.

Interessant ist auch eine zweite in Norwegen durchgeführte Untersuchung (Lysbakken 2007): Hierbei wurde die Frage untersucht, ob man zur Anfeuchtung des Trockensalzes nicht einfach nur Wasser statt der dort meist verwendeten NaCl -Lösung nehmen könnte, eine Natriumchlorid-Lösung entsteht dann ja von selbst. Grundsätzlich lässt sich dabei auch ein Teil der

Vorteile von Feuchtsalz erreichen, nämlich die Staubbildung, das bessere Streubild und die Verteilung auf der Fahrbahn. Problematisch ist aber, dass Wasser bei diesen Temperaturen nicht transportiert werden kann und außerdem die Gefahr besteht, dass das ausgebrachte Wasser auf der Fahrbahn sofort flächendeckend anfriert, bevor das Salz wirkt.

Um diese Effekte zu vermeiden, wird heißes Wasser für die Anfeuchtung verwendet. Da es ohnehin in einem gesonderten Tank transportiert wird, muss es nur vorher erhitzt und dann während des Einsatzes heiß gehalten werden (Temperatur 90 bis 95°C). In Norwegen gibt es diesbezüglich bereits Erfahrungen, da seit mehreren Jahren schon heißer Sand bzw. Sand mit heißem Wasser auf Nebenstrecken gestreut wird. Natürlich ist diese Technik wegen der erforderlichen Heizung recht aufwendig.

Die Erfahrungen mit dieser Technik sind durchaus positiv. Es gelingt, das Wasser auf ausreichend hoher Temperatur zu halten, auch die Ausbringung gibt keine Probleme. Die Wirksamkeit (Taufleistung und -geschwindigkeit) ist mit der des herkömmlichen



Abb. 3: Straßenzustand im Winter / typical road condition in winter time

Feuchtsalzes durchaus vergleichbar, da mit dem Wasser sehr viel Wärmeenergie auf die Straße gebracht wird, die zum schnellen Antauen von Eis und Schnee führt; außerdem unterstützt die Wärme die endotherme Wirkung des NaCl-Salzes und beschleunigt damit den Tauprozess. Somit ist unmittelbar nach der Streuung der Kraftschluss sogar höher als beim Feuchtsalz mit NaCl, im Laufe der Zeit nähern sich die beiden Werte dann wieder an.

Die Methode des heißen Wassers ist somit eine durchaus realistische Alternative. Sie ist allerdings auch aufwendig, außerdem ist sie wegen der Gefährdung durch das heiße Wasser nur auf Außerortsstraßen ohne jeden Fußgänger- und Radverkehr einsetzbar. Insofern ist sie für Norwegen mit den dünn besiedelten Räumen und schwach belasteten Straßen ideal, zumal dort der Verkehr bei der Tauwirkung kaum mithilft. Für Deutschland dürfte diese Technik nur für Ausnahmefälle geeignet sein.

Zucker statt Salz?

Seit der Verwendung des Salzes im Winterdienst wird laufend nach Alternativen gesucht, und immer wieder werden neue Produkte hierfür ins Spiel gebracht. Jüngste, zunächst recht amüsant erscheinende Vorstöße kommen aus Schweden und Großbritannien zu uns: die Verwendung von Zucker bzw. Nebenprodukten aus der Zuckerherstellung (Melasse) anstatt oder ergänzend zum herkömmlichen Streusalz NaCl.

Aus Großbritannien stammt ein Produkt, bei dem dem trockenen NaCl-Salz etwa 3 % Melasse zugemischt sind (Monaghan 2007). Dieser Zusatz soll korrosionshemmend wirken, es werden die Feinstaubanteile des Salzes verklebt, und das Salz soll damit auch besser auf

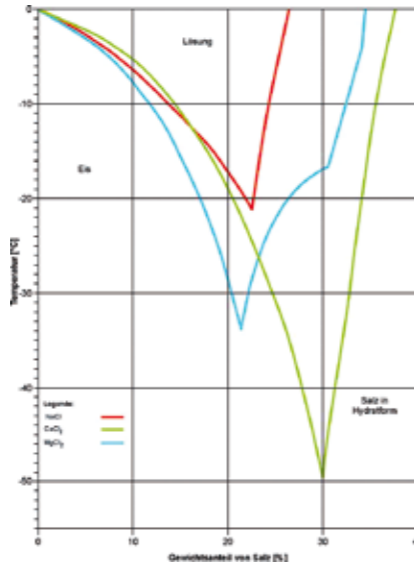


Abb. 4: Temperatur-Lösungsverhalten der drei gängigen Salze / physical thawing behaviour of the three usual salts in winter maintenance

der Straße haften. Eine Anfeuchtung dieses Produkts wäre damit nicht mehr notwendig, und entsprechende Zusatztechnik könnte entfallen. Hierzu muss angemerkt werden, dass die Feuchtsalz-Technik derzeit in Großbritannien noch nicht üblich ist und dort sehr grobes Salz verwendet wird.

In Schweden (Hallberg 2007) gibt es Versuche von Mischungen aus Salz mit Glukose bzw. Fructose, Mischungen im Verhältnis von 80 zu 20 werden getestet. Auch reiner Zucker wird versuchsweise zum Streuen im Winterdienst eingesetzt. Da auch in Deutschland immer häufiger die Frage gestellt wird, inwieweit diese Techniken eine sinnvolle Alternative darstellen, müssen diese einer eingehenden Betrachtung, insbesondere auch aus praktischer Sicht unterzogen werden.

Erste Tests wurden bereits bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) durchgeführt (Badelt/Götzfried 2006). Sowohl Salz mit 3 % Melasse-Zusatz als auch Salz-Zucker-Gemische (80/20) und reiner Zucker

wurden getestet. Dabei wurde mit dem sogenannten Inzeller Eisplatten-Verfahren die Tauleistung bei verschiedenen Temperaturen (-2 und -10°C) gemessen. Zusätzlich wurden für das Salz mit Melasse-Zusatz praktische Streuversuche durchgeführt, wobei auch das Streubild bewertet wurde.

Die Ergebnisse zeigen für das Salz mit Melasse-Zusatz etwa die gleichen Tauleistungen wie bei handelsüblichen Streusalzen. Im Falle der 80/20-Salz-Zucker-Mischung geht die Tauleistung allerdings erheblich zurück, bei -2°C um ein Viertel, bei -10°C um mehr als die Hälfte (!). Dies kann nur dadurch erklärt werden, dass der Zucker die Tauwirkung des Salzes deutlich behindert. Bei reinem Zucker ist bei -10°C keine Tauwirkung mehr feststellbar, bei -2°C ist sie minimal (nur etwa 10% des normalen NaCl-Wertes).

Salz-Zucker-Gemische mit nennenswerten Zuckeranteilen oder sogar reiner Zucker scheiden damit für den Einsatz im Winterdienst aus, zumal Zucker etwa die 10-fachen Kosten im Vergleich zu Streusalz hat.

Die praktischen Streuversuche mit dem Salz mit Melasse-Zusatz haben ergeben, dass das Streubild durchaus dem von Feuchtsalz vergleichbar ist, auch das Anhaften auf der Fahrbahn. Probleme gab es allerdings mit feinen Salzen (die in Großbritannien derzeit nicht verwendet werden) sowie bei sehr kleinen Streudichten (5 g/m²). Hier war festzustellen, dass durch Klumpenbildung das Streubild wesentlich schlechter wurde, außerdem wurden Streuer und Streuteller nach längerem Einsatz verklebt und verstopft. Mit den heute üblichen Streugeräten kann daher die Ausbringung dieses Stoffes derzeit nicht empfohlen wer-

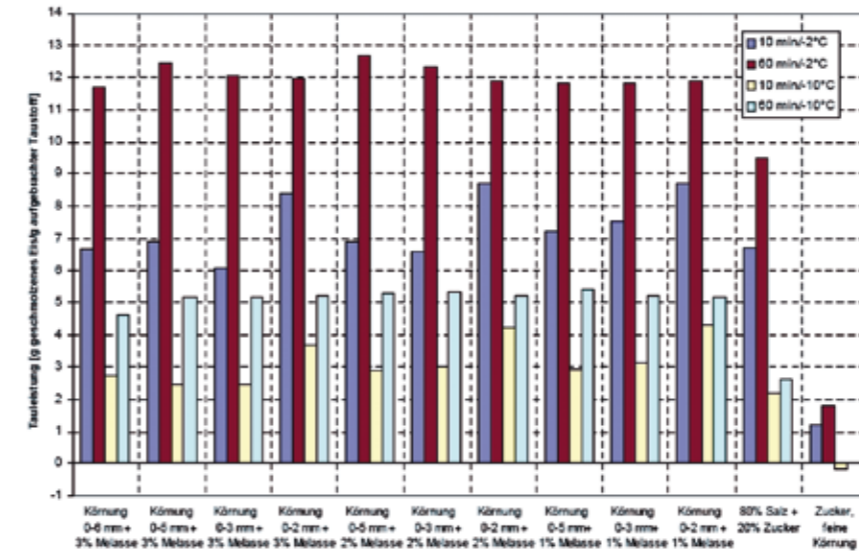


Abb. 5: Ergebnisse der BASt-Tauleistungsprüfung für Salz mit verschiedenen Melasse-/Zuckerzusätzen sowie reinen Zucker (nach Badelt/Götzfried) / hawing capacity for different mixtures of salt and glucose

den. Inwieweit bei diesem Produkt tatsächlich eine korrosionshemmende Wirkung besteht, ist derzeit nicht explizit nachgewiesen. Dies ist allerdings auch heute nicht mehr so gravierend wie früher, da Fahrzeuge und Bauwerke heute entsprechend konstruiert sind, so dass Korrosion aufgrund des Salzes keine so gravierende Rolle mehr spielt. Auch die ökologische Seite müsste vor einem breiteren Einsatz solcher Produkte genauer geprüft werden. Denn der erheblich höhere biologische Sauerstoff-Bedarf beim Abbau von Zuckerprodukten in Gewässern ist im Hinblick auf die dortige Flora und Fauna kritisch zu betrachten.

Fazit

Die Feuchtsalz-Technik, bei der das Trockensalz mit etwa 30 % Salzlösung unmittelbar vor der Ausbringung befeuchtet wird, ist heute Stand der Technik. Sie ist in den letzten Jahren zunehmend verfeinert und fortentwickelt worden und heute sowohl wirtschaftlich als auch verkehrlich und ökologisch betrachtet die beste Lösung für den Winterdienst im stark

befahrenen Hauptstraßennetz. Dies schließt allerdings nicht aus, dass Forschung im Bereich der Streustoffe und der Streutechnik intensiv zukünftig betrieben wird, um diese zu optimieren. Praktisch einsetzbare bessere Alternativen sind derzeit nicht erkennbar, wohl aber eine Reihe von Ansätzen und Gedanken, die näher untersucht werden sollten. Insbesondere die praxisgerechte Weiterentwicklung der vorhandenen Feuchtsalz-Technik sollte dabei im Vordergrund stehen. Hier besteht in Deutschland – auch im internationalen Vergleich – durchaus Nachholbedarf.

Literatur

Badelt, H./Götzfried, F.: Zucker statt Salz im Winterdienst?; in VKS-News, Juli/August 2006
 Durth, W./Hanke, H.: Straßenwinterdienst, Kirschbaum-Verlag, Bonn 2005
 Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Technische Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes (TL-Streu), Köln 2003
 Gartiser, S./Reuther, R./Gensch, C.O.: Machbarkeitsstudie zur Formu-

lierung von Anforderungen für ein neues Umweltzeichen für Enteisungsmittel für Straßen und Wege in Anlehnung an DIN EN ISO 14024, Umweltbundesamt, Texte 09/03, Berlin 2003

Hahn, S./Bauer, A.: Erfahrungen mit Feuchtsalz bei der Glättebekämpfung auf Autobahnen in Rheinland-Pfalz; in: Straße und Autobahn, Heft 2/1981

Hallberg, S./Johansson, A./Gabrielsson, G.: Anti-freeze Treatment using Glucose/Fructose; International Winter Road Congress 2006, Turin 2007

Hanke, H.: Feuchtsalz-Anwendung im Straßenwinterdienst – Einsparungsmöglichkeiten und Anwendungsempfehlungen; in: Straße und Autobahn, Heft 5/1991

Hanke, H.: Vorteile der Feuchtsalz-Streuung; in: Straße und Verkehr, Heft 6/1998

Hanke, H.: Empfehlungen für die Beschaffung und den Einsatz von Streustoffen; in: FGSV-Kolloquium Straßenbetriebsdienst 2005 in Karlsruhe; Köln 2006

Hanke, H.: Nutzung moderner Techniken für einen effektiven Winterdienst – Erfahrungen vom 12. Internationalen Winterdienst-Kongress in Turin; in: Straßenverkehrstechnik, Heft 8/2006

Hanke, H.: Stand der europäischen Normung für den Winterdienst; in: Straßenverkehrstechnik, Heft 9/2006

Lysbakken, K.R./Stotterud, R.: Prewetting Salt with hot water; International Winter Road Congress 2006, Turin 2007

Monaghan, K.: The use of Salt with the addition of Agricultural Co Products in the UK; International Winter Road Congress 2006, Turin 2007

Vaa, T.: Norwegian Experience with use of Magnesium Chloride; International Winter Road Congress 2006, Turin 2007

Der Virtuelle Bohrwagen-Bedienstand VRBW5x zur Verbesserung der Ausbildung von Bohrhauern in der K+S Gruppe



Dipl.-Ing. Johann-Christoph Thiele,
Referatsleiter Bergbau/Infrastruktur,
K+S Aktiengesellschaft, Kassel

Die K+S Gruppe führt unter Tage den ersten virtuellen Bohrwagenbedienstand ein, um nachhaltig und dauerhaft die Ausbildung seiner Bohrhauer sicherzustellen. Aufgrund der zunehmenden Spezialisierung und der anstehenden Verjüngung der Untertage-Mannschaften besteht Handlungsbedarf hinsichtlich einer qualifizierten Aus- und Weiterbildung. Mittels einer virtuellen 3D-Schulungsumgebung sollen die räumliche Vorstellungskraft, Maschinenbedienung und Handlungsabläufe im Bohrprozess trainiert sowie wechselseitige Reaktionen auf das umgebende Gebirge besser kennengelernt werden. Der Virtuelle Bohrwagenbedienstand VRBW5x erfüllt diese Anforderungen, indem er die Bohrwagen BW50 und BW51 inklusive authentischer Gebirgssituationen und des Bohrprozesses virtuell nachbildet. Die erste Installation des Bedienstandes erfolgte 2007 auf dem Werk Zielitz in einem speziell errichteten Container-Modul 600 m unter Tage. Der Bohrwagenbedienstand befindet sich bereits im produktiven Einsatz und die ersten geschulten Mitarbeiter arbeiten inzwischen erfolgreich mit den realen Bohrwagen. Auf Grund dieser positiven Entwicklung ist eine Ausweitung auf weitere Standorte der K+S Gruppe vorgesehen.



Abb. 1: 3D-Ansicht virtueller Bohrwagen BW50 / 3D image of virtual BW 50

1 Einleitung

Aus vorlaufenden Analysen in den bergbaulichen Bereichen wurde ein Handlungsbedarf bezüglich der Aus- und Weiterbildung der Beschäftigtengruppe der Bohrhauer festgestellt. Darüber hinaus erfolgt kontinuierlich der Wechsel von Bohrwagen des Typs BW 45 auf neue rechnergestützte vom Typ BW50/51. Diese Herausforderungen müssen gemeistert werden, da das Bohren der Sprenglöcher den Kernprozess im Gewinnungszyklus unter Tage darstellt und somit eine dauerhaft hohe Qualität der Bohrarbeit unabdingbar ist.

Um dieser Situation zu begegnen, wurde neben der Einführung eines Hauerinstruktors, der den Einsatz der Bohrhauer vor Ort begleitet, das innovative Projekt Virtueller Bohrwagenbedienstand ins Leben gerufen. Auch andere Industriezweige (Luftfahrtbranche, Automobilindustrie, Eisenbahnverkehrsunternehmen, Deutsche Steinkohle AG) haben hier eine Vorreiterrolle übernommen. Die virtuelle Schulung wird die reale Ausbildung an der Maschine zwar

nie ersetzen können, aber wie gezeigt werden wird, kann so die Ausbildung vor Ort stark gestrafft und im Endergebnis qualitativ entscheidend verbessert werden.

Im Folgenden wird erläutert, welche Beweggründe für das Projekt Virtueller Bohrwagenbedienstand sprechen. Anschließend wird ein Einblick in die konkrete Umsetzung inklusive der Installation und der Erfahrungen vor Ort am Standort Zielitz gegeben. Schließlich folgt ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Einsatzmöglichkeiten der gezeigten Technologie.

2 Motivation und Ziele des Projekts VRBW5x

Im Folgenden werden die Gründe für die Investition in den Virtuellen Bohrwagenbedienstand aufgeführt.

Kernprozess Bohren:

Im Gewinnungszyklus unter Tage stellt das Bohren der Sprenglöcher den Kernprozess dar. Die Qualität der Bohrarbeit bestimmt fast ausschließlich die Kontur des Abbaus sowie das Sprengergebnis. Alle

nachfolgenden Schritte wie das Sprengen, Laden etc. können nur noch auf das Bohrergebnis reagieren, einmal entstandene Fehler lassen sich nicht korrigieren. Darüber hinaus erleichtert eine besonders präzise Bohrarbeit die nachfolgenden Arbeitsschritte. So fällt z.B. weniger Beraubearbeit an, wenn die Firsten präzise gebohrt wurden. Auch die Arbeit des Laderfahrers wird durch eine effektive Bohrarbeit an der Sohle erheblich vereinfacht. Ferner hat die Exaktheit der Bohrarbeit einen entscheidenden Einfluss für die lagerstättengerechte Ausnutzung der Vorräte.

Komplexität der Maschinen:

Um beim Bohrprozess dauerhaft qualitativ hochwertige Ergebnisse zu garantieren, wurde bei K+S seit Anfang der 90er Jahre kontinuierlich in rechnergestützte Bohrwagen investiert.

Der Bohrwagen BW50 sowie seine Weiterentwicklung für flache Lagerstätten, der BW51, erlauben es, präzise vorgegebene Bohrschemata zu bohren. Die Bewegungen



Abb. 2: Klassische Ausbildung am Bohrwagen Friedrichshall 1984 / *Standard training method at Friedrichshall 1984*

des Bohrarms werden durch einen zentralen Rechner geregelt. Diese komplexen Maschinen erfordern gut ausgebildetes Personal, da nur so ihre Leistungsfähigkeit voll ausgenutzt werden kann. Abbildung 1 zeigt das virtuelle Abbild des Streckenbohrwagens BW 50.

Die Steuerung des Bohrwagens unterstützt den Bohrhauer unter anderem durch einen Parallelmodus und eine automatische Zielnachführung. Diese Unterstützung ist von hohem Vorteil, da Versuche zeigen, dass der Mensch auf Grund der räumlich beengten Situation am Bohrsansatzpunkt die geometrische Lage des Bohrgestänges und der gebohrten Löcher nur sehr unzureichend einschätzen kann. Der Bohrhauer befindet sich knapp 13 m vor der Ortsbrust und damit rund 20 m vor dem Endpunkt der gebohrten Löcher.

Altersstruktur der Bohrhauer:

Eine Analyse der Altersstruktur der Bohrhauer innerhalb der K+S Gruppe ergab, dass in den nächsten Jahren besonders viele erfahrene Bohrhauer ausscheiden und ersetzt werden müssen. Dann bestimmt der Nachwuchs das Bild. Es musste also ein Weg gefunden werden,

wie das vorhandene Wissen auf die jungen Bohrhauer übertragen werden kann.

Schlussfolgerungen

Die Schlussfolgerung hieraus war einerseits als erste Maßnahme die Wiedereinführung des sogenannten Hauerinstruktors zur Sicherung der Bohrqualität vor Ort. Er befährt unter Tage die Bohrhauer direkt, überwacht deren Arbeit qualitativ und steht ihnen mit Rat und Tat zur Seite.

Darüber hinaus hatte sich gezeigt, nachdem die maschinentechnischen Voraussetzungen für präzises Bohren geschaffen wurden, dass es zusätzlich einer gezielten Schulung des Personals bedarf, um das Potenzial dieser Maschinen auch vor Ort voll ausschöpfen zu können

3 Generelle Gründe für virtuelle Schulungen von Bohrhauern

Obwohl sich die Schulung am Bohrwagen vor Ort nie vollständig ersetzen lässt, soll im Folgenden beschrieben werden, welche weiteren generellen Gründe für eine Schulung an Hand eines virtuellen Modells sprechen, welche Einschränkungen es gibt und

welche Nebeneffekte durch solche Schulungen entstehen.

Verfügbarkeit der Bohrwagen:

Je wertvoller die Maschine ist, deren Bedienung geschult werden soll, desto wichtiger ist die Schulung. Gleichzeitig ist es aber auch schwieriger, sie aus dem voll produktiven Gewinnungsprozess zu Schulungszwecken abzuziehen. Eine virtuelle Schulung hingegen ist jederzeit durchführbar und kann so optimal in den Zeitplan der Aus- und Weiterbildung integriert werden.

Keine Schäden im Abbau:

Im Fall des Bohrwagens kann eine Fehlbedienung bedeuten, dass bleibende Schäden in der Kontur des Gebirges entstehen, die einen dauerhaften Nachteil darstellen. Wird beispielsweise die Kontur suboptimal gestaltet, kann dies unter Umständen eine Beeinträchtigung der Fahrwege, ggf. Wetterführung oder Sicherheit darstellen. Durch eine virtuelle Schulung werden solche Schäden vermieden.



Abb. 3: Bohrwagenbedienstand in Zielitz / *Training container in Zielitz*

Schulungsatmosphäre: Die virtuelle Schulung kann in Räumlichkeiten erfolgen, die ein effektives und angenehmes Lernen ermöglichen. Vor Ort am Bohrwagen ist es staubig, laut und es herrschen oft hohe Temperaturen, so dass die Aufmerksamkeit der Schulungsteilnehmer sinkt. Abbildung 2 zeigt die klassische Ausbildung vor fast

25 Jahren an einem Bohrwagen im Lehrrevier des Kaliwerks Friedrichshall auf der 500-m-Sohle.

Abrufbarkeit von Sondersituationen:

Mittels einer Simulation können alle abgelegten Situationen zu beliebigen Zeitpunkten geschult werden. Im realen Betrieb kommen viele wichtige Abbausituationen nur hin und wieder vor, so dass eine geregelte Schulung dieser Fälle oft nur schwer möglich ist.

Einsichten:

Eine virtuelle Schulung kann Dinge sichtbar machen, die in der Realität gar nicht oder nur schwer sichtbar sind. Einerseits weil es aus Sicherheitsgründen beispielsweise nicht möglich ist, im Betrieb in eine Maschine zu schauen, oder weil andererseits die Prozesse in der Realität zu schnell ablaufen oder weil – wie im Fall des Bohrwagens – ein Blick in die Lagerstätte natürlich nicht möglich ist.

Einschränkungen

Folgende Punkte sind wichtig:

Kombination von Realität und Virtualität: Die virtuelle Schulung sollte immer mit einer Schulung vor Ort kombiniert werden. Keine Simulation kann so perfekt sein, dass das Gefühl für eine Maschine wie den Bohrwagen mit allen Besonderheiten vollständig virtuell geschult werden kann. Die virtuelle Schulung muss dementsprechend intelligent mit einer Schulung am realen Bohrwagen verzahnt werden. Schulungsleitung: Eine virtuelle Schulung sollte durch einen geeigneten Instruktor geleitet und moderiert werden. Sonst besteht das Risiko, dass die Schulung nicht ernst genommen und schlimmstenfalls an der Technik nur „herumgespielt“ wird.

Nebeneffekt

Informationsaustausch: Im Rahmen der Erstellung der Simulationsumgebung findet zwischen allen Beteiligten, oft zum ersten Mal überhaupt, ein Informationsaustausch darüber statt, welche Situationen existieren, welche standardisierten Vorgehensweisen empfehlenswert sind usw. Bereits im Prozess des Entstehens des Projektes kam es zu einem regen Informationsaustausch innerhalb der K+S Bergwerke.



Abb. 4: Kollisionsmodell des Bohrwagens / *Model of drilling jumbo*

4 Projektrahmen und Zeitplan

Nach einer Machbarkeitsstudie wurde Anfang 2006 die Berliner Firma Datenflug GmbH mit der Umsetzung des Projektes VRBW5x beauftragt und der Bohrwagenbedienstand wurde im Spätsommer 2007 an K+S übergeben und in Betrieb genommen.

Die Realisierung unter Leitung des Bergbaubereiches erfolgte in guter Zusammenarbeit mit dem



Abb. 5: Scannen eines Bohrortes / *Profiling of drilling site*

Hersteller der realen Bohrwagen, der Firma Datenflug, den Mitarbeitern des Werkes Zielitz, der Werksmarktscheiderei des Werkes Werra sowie der EDV-Tochter der K+S.

Die Installation des VRBW5x erfolgte am Standort Zielitz in einem Container-Modul unter Tage in direkter Nähe zum Lehrrevier. Abbildung 3 zeigt das Modul von außen. Durch die Angliederung des VRBW5x an das Lehrrevier konnte sichergestellt werden, dass sich die Schulungen gut in den Schulungsalltag integrieren lassen. Die anderen Bergbaustandorte wurden durch regelmäßige Vorstellungen über den Projektstand informiert und trugen durch ihre Integration zum Gelingen des Projektes bei.

5 Technische Umsetzung

An dieser Stelle wird ein Überblick über die technischen Herausforderungen sowie die daraus entstandenen Lösungen gegeben. Folgende Bereiche sind wichtig.

5.1 Abbilden der genauen Kinematik der BW 50/51

Der BW50 und BW51 wurden im ersten Schritt digital vollständig nachempfunden, so dass der komplette Funktionsumfang der realen Maschine virtuell abrufbar wird. Dies wurde erreicht, indem die Geometrien der Bohrwagen in 3D nachmodelliert wurden (1).

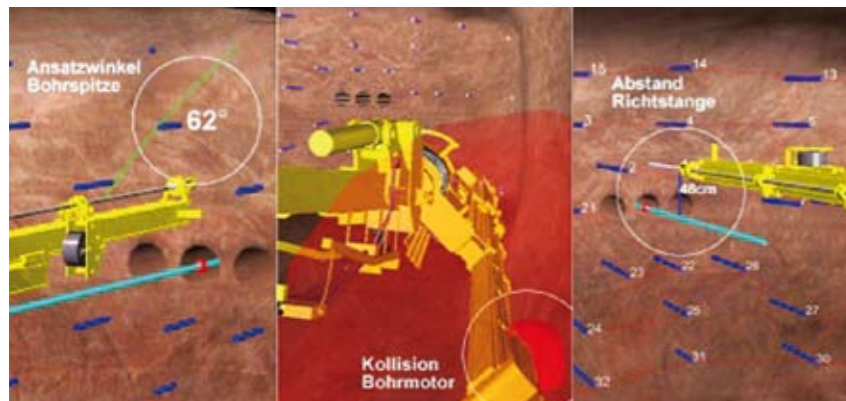


Abb. 6: Visuelle Hilfsmittel / Visual tools

Darüber hinaus wurde die originale Regeltechnik des Bohrwagens dahingehend nachimplementiert, dass das virtuelle Modell sich bei den Steuerbefehlen genau wie die reale Maschine verhält. Dies umfasst alle Betriebsarten der Bohrwagen inkl. der automatischen Zielnachführung (Zielpunktbetrieb) sowie dem Abfahren der originalen Bohrprogramme.

5.2 Interaktion mit der Umgebung/ Kollisionsmodell

Neben der Kinematik des Bohrwagens selber kann dieser mit seiner Umgebung in Interaktion treten. Dies sind insbesondere Kollisionen mit dem Gebirge, welche erkannt werden müssen. Darüber hinaus kann der Bohrwagen unter bestimmten Umständen so fehl bedient werden, dass er mit sich selbst kollidiert (Abbildung 4). Auch diese Fälle müssen erkannt und angezeigt werden. Um mit dem virtuellen Bohrwagen realitätsnah zu bohren, muss erkannt werden, sobald das Gebirge angebohrt wird. Die daraus entstandenen Bohrlöcher sind virtuell nachzubilden.

5.3 Erfassen der Gebirgsituationen vor Ort

Um eine realistische Schulungsumgebung zu erhalten, sollen die Gebirgsituationen direkt vor Ort

erfasst werden. Dabei bestand die Herausforderung darin, sowohl die Kontur als auch die Textur vor Ort zu erfassen und danach in ein Modell zu überführen, das von der virtuellen Schulungsumgebung direkt weiterverarbeitet werden kann. Abbildung 5 zeigt eine Aufnahme mit dem Scanner.

So kann jeweils ein 3D-Modell der Gebirgsituation erstellt werden. Im Rahmen des Projektes wurden gut zwanzig solche Situationen aufgenommen und stehen nun zur Schulung jederzeit zur Verfügung.

5.4 Virtuelle Hilfsmittel im Bohrprozess

Da es naturgemäß in der virtuellen Realität schwierig ist, perspektivisch etwas wahrzunehmen, wurden im Bohrwagenbedienstand eine Vielzahl kleinerer virtueller Hilfsmittel eingefügt, um das Zurechtfinden im virtuellen Raum zu erleichtern. Um den Bohrprozess virtuell komplett abbilden zu können, werden dem Schulungsleiter und dem Schüler optische Hilfsmittel angeboten, die sich ein- und ausblenden lassen. So können z.B. auch in der Virtualität Abstände oder Winkel gemessen werden (Abbildung 6).

5.5 Portal Bohren und Sprengen

Die Ergebnisse der einzelnen Schu-

lungen sollen dokumentiert werden, um eine aufeinander aufbauende Schulung zu gewährleisten. Dazu wurde im K+S-Intranet ein spezielles Portal Bohren und Sprengen eingerichtet, das es erlaubt, diese Informationen gebündelt und strukturiert abzulegen. Darüber hinaus können hier weitere Informationen zum Thema Bohren und Sprengen abgespeichert und abgerufen werden, so dass eine unternehmensweite Informationsplattform zum Thema Bohren und Sprengen sukzessive aufgebaut wird. Auf diese Weise wird der Wissenstransfer unter den Werken durch eine gemeinsame Plattform der Informationssammlung ermöglicht und gefördert.

5.6 Bedienelemente

Neben der Software mussten die realen Bedienelemente des Bohrhauers an den Bohrwagenbedienstand angebunden werden. Das sind insbesondere die originale Fernbedienung sowie die Schaltschrankoberfläche des Bohrwagens und einige Panels. Abbildung 7 zeigt die einzelnen Elemente, mit deren Hilfe der Bohrhauer möglichst realitätsnah schulen kann.

5.7 Visualisierung

Zentraler Bereich des Bohrhauers ist der Arbeitsbereich frontal vor der Projektionsleinwand. Aus Gründen der Vereinfachung wurde bewusst auf wartungsintensive Technik verzichtet. Die Entscheidung fiel auf eine Mono-Rückprojektion. Dadurch bleibt der Arbeitsbereich frei von Schatten und Geräuschen des verwendeten Industriebeamers.

5.8 Zusammenführung der Technik vor Ort

In einem separaten Serverraum

befinden sich die erforderlichen Rechner und Netzwerkkomponenten und ein separater Wartungsplatz. Ein integrierter Schulungsleitertisch vereint alle Bedienelemente des Schulungsleiters und der Schüler, so dass ein funktionales Gesamtbild entstanden ist.

6 Erfahrungen aus dem Schulungsalltag

Die ersten Schulungen haben gezeigt, dass die Auszubildenden mittels des Bohrwagenbedienstandes die praktische Bedienung des Bohrwagens schnell erlernen können. Nach einigen Schulungseinheiten erfolgte der erste Kontakt mit dem realen Bohrwagen und es zeigte sich, dass auf Grund des umfassenden Vorwissens der Bohrwagen schon sehr schnell sicher beherrscht werden konnte. Daraufhin wurden Schulungen am realen Bohrwagen und Schulungen am Bohrwagenbedienstand VRBW5x im Wechsel durchgeführt, wobei durch den Bohrwagenbedienstand wichtige und schwierige Situationen trainiert werden konnten, die real zu diesem Zeitpunkt noch nicht anzutreffen waren. Abbildung 8 zeigt eine solche Schulung beispielhaft. Auf Grund der positiven Erfahrungen wird demnächst mit der Schulung von ersten Mitarbeitern anderer Bergwerke in Zielitz begonnen.

7 Bewertung

Der VRBW5x hat die in das Projekt gesetzten Erwartungen vollständig erfüllt. Es ist gelungen, gemeinsam mit den Mitarbeitern vor Ort eine praktisch einsetzbare Lösung zu entwickeln, welche die Ausbildung deutlich verbessert. Im Mittelpunkt aller Entwicklungen ist zu jeder Zeit der zu schulende Mitarbeiter gewesen, denn an seinen Lernerfol-

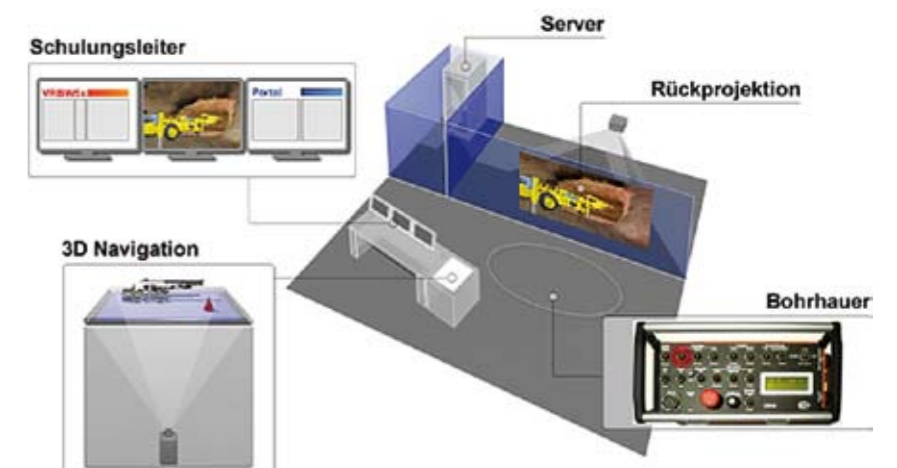


Abb. 7: Elemente des Bohrwagenbedienstandes / Components of drilling jumbo

gen muss sich das Projekt primär messen lassen. Nun gilt es, dieses Projekt weiter im bergmännischen Alltag zu verankern, um damit eine dauerhafte Verbesserung für die Aus- und Weiterbildung zu erreichen.

8 Ausblick

Das Projekt Bohrwagenbedienstand VRBW5x hat gezeigt, welches Potenzial in der virtuellen Schulung speziell im Bereich komplexer Maschinen im Bergbau steckt. Der Bohrwagenbedienstand stärkt so die Qualifikation der Belegschaft der Bergwerke der K+S Gruppe und hilft, langfristig erstklassige Ergebnisse zu erzielen.

In der Zukunft gilt es, das System weiter zu verbessern und

den Anwendungsumfang modular zu erweitern. Hierzu sind bereits erste Schritte in der konkreten Planung. Mit Hilfe dieser innovativen Technik schaffen wir es, die wertvollste Komponente im Produktionsprozess, unseren Mitarbeiter, optimal vorbereitet nach vor Ort zu schicken. So werden am Anfang des Gewinnungsprozesses die Voraussetzungen für erstklassige Ergebnisse geschaffen.

Es kann jetzt schon als gesichert gelten, dass die Investition in die Qualifikation der Mitarbeiter zu deutlich besseren Lernerfolgen, schnelleren Lernkurven sowie höherer Effizienz beim Bohren insgesamt und einer gewissen Standardisierung des Bohrprozesses führen wird.



Abb. 8: Schulung mit Auszubildenden / Training of apprentices

Herkunft und Migration mineralgebundener Gase der Zechstein 2 Schichten in Zielitz



Dr. Michael G. Siemann
Technische Universität Clausthal
Institut für Endlagerforschung
Fachgebiet Mineralogie,
Geochemie, Salzlagerstätten

Bislang war man davon ausgegangen, dass die im Zechstein 2 vorhandenen natürlichen Gase hauptsächlich durch Migration aus dem liegenden Karbon über Basisstörungen in Steinsalz und letztendlich ins Kalisalzflöz Staßfurt gelangt sind. Ziel der Untersuchungen in diesem Projekt war, die Herkunft der natürlichen Gase zu untersuchen und Aussagen über das Migrationsverhalten in Abhängigkeit der mechanischen Belastung des Gesteins in der geologischen Vergangenheit zu treffen. Hierfür wurde je ein Bohrkern aus der flachen Lagerung und einer stark verfalteten Lagerung durch das gesamte Zechstein 2 abgeteuft. Die in den Gesteinen enthaltenen Gase auf den Korngrenzen wurden getrennt von denen in Einschlüssen untersucht. Schwerpunkt der Untersuchungen war hierbei die isotopische Zusammensetzung des Methans. Diese wurde mittels der Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-irMS) untersucht. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass das Methan in den Evaporiten der flachen Lagerung seit der Ablagerung und Diagenese der Formation weitgehend unverändert auf den Korngrenzen und den Einschlüssen gespeichert wurde. Die Isotopie des Methans kann anhand eines kinetischen Fraktionierungsmodells durch bakterielle CO_2 -Reduktion und Fermentation des gelösten anorganischen Kohlenstoffs modellhaft erklärt werden. Es gibt derzeit keine Hinweise für großräumige Migrationen der untersuchten Gase.

1 Einleitung

Evaporite bildeten bislang den Schwerpunkt bei der Untersuchung potenzieller Endlager-Wirtsgesteine in Deutschland. Dies führte zu zahlreichen Studien und Untersuchungen über das Vorkommen fluider Phasen (Flüssigkeiten und Gase) in Evaporitkörpern sowie der möglichen Interaktion der Gesteine mit diesen Fluiden (z.B. Siemann 1999). Evaporitvorkommen sind dafür bekannt, eine Vielzahl von Gasspezies zu enthalten, darunter CH_4 , H_2 , N_2 , H_2S und CO_2 .

Das Verständnis der Herkunft dieser Gase sowie ihres Verhaltens im Evaporitkörper nach dessen Bildung sollte grundsätzlich zu einem besseren Verständnis des Verhaltens möglicher Gase in einem Endlager führen und somit zu einer Eignungsaussage potenzieller Standorte beitragen. Die gemeinsame Grundannahme solcher Untersuchungen besteht darin, dass vom Verhalten natürlicher Gase aus der geologischen Vergangenheit (Paläogase) auf das Verhalten von Gasen, die in einem Endlager enthalten sind oder gebildet werden, rückgeschlossen werden kann, da diese sich analog verhalten. Derlei Aussagen oder Studien bedürfen natürlich immer einer möglichst umfangreichen und abgesicherten Datenbasis. Während für die Zusammensetzung der Gase in Evaporiten Norddeutschlands bereits mehrere Untersuchungen, wenn auch nicht systematisch und vollständig, gemacht wurden, existierten vor dieser Arbeit nur wenig Daten zur Isotopenzusammensetzung der im deutschen Zechstein vorkommenden Einzelgase.

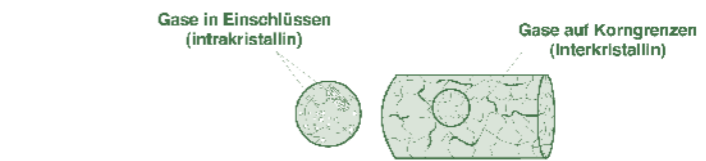


Abb.1: Schematische Zeichnung der Vorkommen der in Salzen natürlich gespeicherten Gase / Scheme of the gases naturally trapped in evaporites

Während Gasaustritte in Bohrungen im Salz weitgehend routinemäßig untersucht werden, liegen Messungen von im Gestein gespeicherten Gasen bislang nur unzureichend vor. Ziel dieses Vorhabens war, systematisch die im Gestein gespeicherten Gase auf ihre Zusammensetzung sowie ihre Isotopie zu untersuchen. Die Isotopie von H, C, N, O und S in den Gasspezies kann sehr viel weitergehende Aussagen ermöglichen

Hauptziel des Vorhabens war, die natürlich im Gestein gespeicherten Gase zunächst qualitativ und quantitativ hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zu analysieren und anschließend die stabilen Isotope der Einzelgase zu bestimmen. Hierbei sollten in stratigraphisch gleichen Horizonten (Hauptsalz des Zechstein 2 von der Basis des Steinsalzes bis in das Kaliflöz) sowohl die inter- wie die intrakristallinen Gase untersucht werden (Abb.1).

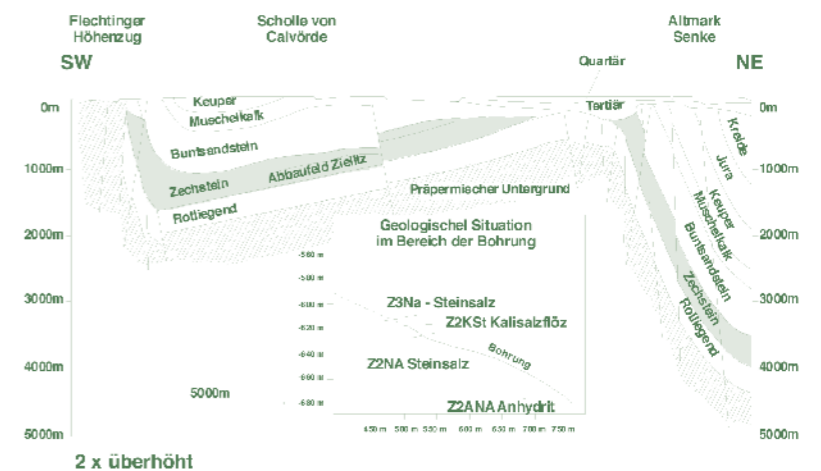


Abb. 2: Geologischer Schnitt durch die Scholle von Calvörde (2-fach überhöht) (nach: Stolle et al. 1975) / Schematic geological cross section of the Scholle von Calvörde

als die Bilanzen von absoluten Gasgehalten. Getrennt sollten dabei die im Kristall (intrakristallin) und die zwischen den Mineralkörnern (interkristallin) gespeicherten Gase analysiert werden.

Im Gegensatz zu Gasen, die aus einem Bohrloch austreten und somit immer eine durchmischte Gesamt-Zusammensetzung der Gase aus den durchteuften Gesteinen darstellen, sollte in diesem

Vorhaben eine feinstratigraphische Untersuchung der gespeicherten Gase vorgenommen werden.

2 Geologische Grundsituation

Für die Untersuchungen fiel die Wahl auf das Zechstein 2 (Staßfurt-Folge), da Petrographie und Br-Profile auf eine zumindest weitgehend ungestörte Eindunstung des Meerwassers schließen lassen. Die normale Zechstein-Gliederung in der Staßfurt-Folge zeigt eine nahezu ideale Abfolge in der progressiven Phase vom Carbonat bis zum Kalisalzflöz sowie eine darauf liegende rezessive Phase aus Decksteinsalz, Anhydrit und Ton (Tabelle 1). Um nun das Verhalten der Gase nach Ablagerung der chemischen Sedimente und deren Kompaktion untersuchen zu können, wurde ein Standort in der so genannten flachen Lagerung (Werk Zielitz, Scholle von Calvörde, Altmarksenke) ausgewählt.

2.1 Bohrung im Bergwerk Zielitz

Das Gebiet wird großtektonisch vom Flechtinger Höhenzug beherrscht, der flach herzynisch streicht, aus paläozoischen Gesteinen besteht und der sybherzynischen Gebirgsbildung seine Heraushebung als Scholle verdankt. Eine Wiederbelebung der Tektonik vollzog sich im Tertiär und Pleistozän. Die Salzlagerstätte nordöstlich des Flechtinger Höhenzuges erfährt eine weitere Störung im Abbruch von Gardelegen. Zwischen diesen beiden Abbrüchen liegt die Scholle von Calvörde (Löffler 1962). Einen Schnitt durch die Geologie sowie die stratigraphische Stellung der Bohrung zeigt die Abb. 2.

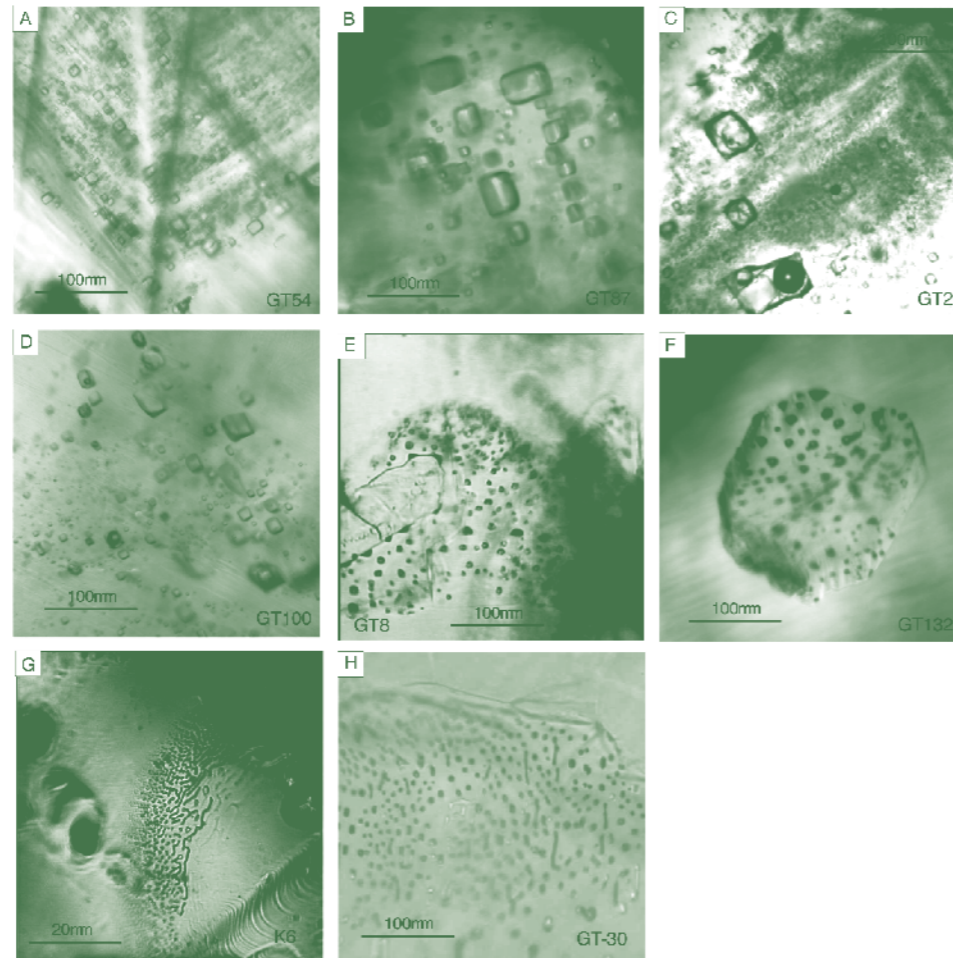


Abb. 3: Bilder von Einschlüssen der Proben aus dem Werk Zielitz. Die Angabe „GT“ bezieht sich auf die gasdicht (gas tight) eingepackte Probe, K auf die Lage im Kaliflöz. A: Primäre Chevronstrukturen in Halit, die Einschlüsse enthalten nur Lösungen. B: Erhaltene „Wolken“ primärer Lösungseinschlüsse. C: Primäre Chevronstrukturen in Halit, die Lösung, Wasserdampf und Kristalle enthalten. D: rekristallisierte Halite, die unregelmäßige Einschlüsse mit Lösung, Wasserdampf und Kristallen enthalten. E: Festkörpereinschlüsse aus Polyhalit mit Gas auf der Grenzfläche der Festkörper. F: Festkörpereinschluss aus Anhydrit mit Gas und Lösung an der Kristalloberfläche. G: Gaseinschlüsse, dispers im Carnallit aus dem Kaliflöz verteilt. H: Sekundäre Öl- und Gaseinschlüsse entlang eines Pfades beziehungsweise einer Korngrenze / Pictures of inclusions in samples from the Zielitz mine. „GT“ refers to gas tight samples, „K“-samples are from the potash seam. A: primary chevron structures in halite, the inclusions contain aqueous solution. B: relics of primary aqueous inclusions in clouds. C: primary chevron structures in halite containing aqueous solution, vapour and crystals. D: recrystallized halite, the unregularly formed inclusions contain aqueous solution, vapour and crystals. E: Solid inclusion of polyhalite with gas and aqueous solution on the surface. F: Solid inclusion of anhydrite with gas and aqueous solution on the surface. G: gaseous inclusions, dispersly contributed in carnallite from the potash seam. H: Secondary oil- and gas-inclusions on a path and grain boundary respectively

Mit einer Bohrung unter Tage wurde ein 200 m langer Bohrkern von dem gesamten Kaliflöz Staßfurt und dem Staßfurt-Steinsalz bis zum Erreichen des Basalanhydrits vorgelegt. Die wahre durchteufte Mächtigkeit beträgt etwa 60 m. Der Kern repräsentiert die vollständige progressive Phase des Zechstein 2.

2.2 Methoden

Die Bohrungen werden unter Tage unter Einsatz von Bohrspülung abgeteuft. In Zielitz werden Gesteinskerne mit einem Durchmesser von 5,5 cm erbohrt. Ein Teil des seinerzeit gewonnenen Kernmaterials wurde direkt nach Verlassen der Bohrung in gasdichte Beutel eingeschweißt. Diese Beutel sind aus PVF (Polyvinylfluorid), das als sehr gasdicht gilt. Alle Beutel verfügen über ein Septum, um Luft abzusaugen und Gas zu entnehmen. Bei den Kernen aus Zielitz wurden von jedem laufenden Bohrmeter 15 cm auf diese Weise eingeschweißt. Das gesamte Kernmaterial wurde vor Ort in Kernkisten sortiert, vermessen und grob petrographisch aufgenommen. Um die Verteilung der Gase möglichst genau in die Stratigraphie einordnen zu können und sie mit den geochemischen und petrologischen Erkenntnissen zu korrelieren, wurden die Untersuchungen in vier Phasen eingeteilt.

In der ersten Phase wurden die Gase auf den Korngrenzen zwischen den einzelnen Mineralkörnern isoliert und analysiert. Dazu wurden die Kernabschnitte in den evakuierten PVF-Beuteln vorsichtig mittels einer Gesteinsquetsche, die mit Aluminiumbacken versehen wurde,

in kleine Stücke zerdrückt. Dabei musste darauf geachtet werden, dass die Beutel nicht undicht wurden und die Einzelstücke nicht zu klein gerieten, um wirklich nur die Gase zwischen den Mineralkörnern freizusetzen. Die erzielten Korngrößen lagen zwischen 1 und 5 cm, womit eine Freisetzung von Gasen aus Einschlüssen vernachlässigt werden kann. Die so freigesetzten Gase von den Korngrenzen wurden anschließend mittels gasdichter Spritzen aus den Beuteln gezogen und in das GC-irMS injiziert, um die Gasspezies sowie deren isotopische

Zusammensetzung zu analysieren. Die Konfiguration des Gaschromatographen mit dem angeschlossenen Massenspektrometer ist ausführlich in Potter & Siemann (2004) dargestellt. Ergänzend dazu ist an dieser Stelle noch zu sagen, dass das Gerät so ausgelegt ist, dass es aus einer Injektion ein Gasgemisch trennen und auf seine Isotopie hin analysieren kann, welches entweder aus H₂, N₂ und CH₄ (getrennt in H₂ und CO₂) beziehungsweise aus N₂ und O₂ besteht. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass die mehrfache Injektion und einzelne

	Folge	Untergliederung	Symbol	Symbol Zielitz	Mächtigkeit (m)
Z	Leine	Unterer Leine-Ton	T3	z3T	2
E		Oberer Staßfurt-Anhydrit	A2r	z2ANh	2
C		Decksteinsalz	Na2r	z2NAr	1
H		Kaliflöz Staßfurt	K2	z2KSt	28
S	Staßfurt	Staßfurt-Steinsalz	Na2	z2NA	150 - 250
T		Unterer Staßfurt-Anhydrit	A2	z2ANa	2
E		Staßfurt-Carbonat oder Stinkschiefer	Ca2	z2Ca	5
I					
N	Werra	Oberer Werra-Anhydrit	A1r	z1	23

Tab. 1: Zechsteingliederung in der Staßfurt-Folge. Die fett markierten Horizonte wurden im Rahmen des Projektes mit Kernen beprobt. / Stratigraphic column in the Staßfurt-Series of the Scholle von Calvörde

		N ₂	CH ₄	H ₂	H ₂ S
GT2		38	49	13	0
	A	40	49	11	0
		40	45	15	0
		20	31	49	0
		17	43	40	0
		0	32	68	0
		21	53	26	0
		0	11	89	0
		42	51	8	0
	B	20	9	62	9
GT4		52	25	22	2
		62	11	26	1
		65	8	27	0
	C	64	7	29	0
		66	5	29	0
		60	10	29	1
	D	64	3	29	4
		63	7	30	0

Tab. 2: Repräsentative Zusammensetzungen (in Mol-% relativ) von Gasen in Einschlüssen im hangendsten Bereich der Steinsalzabfolge. Bei den Mutterkristallen handelt es sich um Halite mit eindeutiger Chevron-Struktur. Die Buchstaben A bis D beziehen sich auf die Teilbilder der Abb. 3 / Representative composition (in mol-% rel.) of gases in inclusions of the upper most sequence of the rocksalt. The hostcrystals are halite with chevron structures. The letters A to D are with respect to Fig. 3

Stratigraphie	Tiefe (mNN)	Mineralogie	Gase in Einschlüssen
Z2KSt Kaliflöz Stäufurt	-610 -620	K K K K K K	CH ₄ + H ₂
Z2NAc Kies. Übergangs- schichten	-630	H H H H H H	CH ₄ + H ₂ + N ₂ (± H ₂ S)
Z2NAb Stäufurt-Hauptsalz	-640 -650	H H H H H H	N ₂ ± H ₂ S (± CH ₄ ± H ₂)
Z2NAa Stäufurt-Basisatz	-660	H H H H H H	N ₂ ± H ₂ S (± CH ₄ ± H ₂)
Z2ANA Basalanhydrit	-670 -680	A A A A	Nicht untersucht

Abb. 4: Stratigraphie, mineralogische Zusammensetzung sowie die Gase in den Einschlüssen des Bohrkerns aus Zielitz. c = Carnallit $KClMgCl_2 \cdot 6H_2O$, h = Halit NaCl, ks = Kieserit $MgSO_4 \cdot H_2O$, an = Anhydrit $CaSO_4$, ka = Kainit $KClMgSO_4 \cdot 2,75H_2O$, po = Polyhalit $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$, gl = Glauberit $Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$. K = Kaliflöz, H = Steinsalz, A = Anhydrit / *Stratigraphy, mineralogical composition and Gases in inclusions of the drilling core in Zielitz.* c = Carnallite $KClMgCl_2 \cdot 6H_2O$, h = Halite NaCl, ks = Kieserite $MgSO_4 \cdot H_2O$, an = Anhydrite $CaSO_4$, ka = Kainite $KClMgSO_4 \cdot 2,75H_2O$, po = Polyhalite $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$, gl = Glauberite $Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$. K = Potash seam, H = Rock salt, A = Anhydrite

Messung durchaus von Vorteil ist, wenn genügend Probenvolumen zur Verfügung steht.

Die zweite Phase des Projektes beschäftigt sich mit der Erstellung eines Br-Profiles für die untersuchten Bohrkernkerne. Da in Evaporiten generell eine stratigraphische Zuordnung von Bohrkernabschnitten aufgrund fehlender signifikanter lithologischer Merkmale im Steinsalz schwierig ist, greift man auf die Geochemie des Br im Halit zurück. Die Bohrkernabschnitte wurden zunächst auf eine Größe von etwa 1 mm zerkleinert und anschließend sofort mit deionisiertem Wasser gewaschen, um eventuell ausgetretene Salzlösung aus Einschlüssen zu verdrängen. Das dann noch anhaftende Wasser wurde mit reinem Ethanol verdrängt und die Proben anschlie-

ßend bei etwa 40 °C im Inkubator getrocknet. Zur Analyse wurden die Proben dann im Verhältnis 1 : 1000 mit deionisiertem Wasser verdünnt und aufgeschlossen. Die ionenchromatographische Analyse erfolgt dann simultan aus einer Probe mit einer Injektion auf zwei unterschiedlichen Säulen. Diese zwei Säulen sind mit unterschiedlichen Standardlösungen kalibriert, deren Cl-Gehalt der zu messenden Probe entspricht. Die Nachweisgrenze der Methode liegt bei 20 ng Br/g Messlösung, was bei einem 1000er-Standardaufschluss einer Konzentration von 20 µg Br/g Halit entspricht. Die Genauigkeit der Methode beträgt ± 2 µg Br/g Halit bei einer Reproduzierbarkeit von ± 1 µg/g.

Grundsätzlich werden bei der Methode lediglich das Br und das

SO₄²⁻ auf einer Anionensäule gemessen. Aus dem SO₄ wird der Anteil an SO₄-Mineralen (Anhydrit oder Polyhalit) errechnet, hieraus wiederum der Gehalt an Halit und das im Gesamtgestein gemessene Br wird anschließend auf den berechneten Halit bezogen.

In der dritten Phase werden die Proben dann eingehend hinsichtlich ihrer Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse untersucht. Hierbei werden von Proben, in denen Einschlüsse gefunden wurden, Wafer hergestellt und anschließend mittels der Laser-Raman-Spektroskopie die Gase auf den Korngrenzen und in den Einschlüssen charakterisiert und quantifiziert. Diese Charakterisierung der Einschlüsse folgt bekannten Einteilungen (Roedder 1984 a; Roedder 1984 b; Van den Kerkhof 2001). Das hierfür verwendete Gerät ist ein LabRam der Firma Jobin-Yvon mit konfokaler Optik und einem externen, frequenzverdoppelten Nd-YAG-Laser (532 nm) sowie zusätzlich einem internen He-Laser.

Ein 600er Gitter erlaubt die Identifizierung der in Frage kommenden Bestandteile mit einer einzelnen Messung. Das Gerät wird für die Untersuchungen mittels eines Si-Standards auf die Peaklage und mittels Luft auf die quantitative Messung hin kalibriert. Peakposition und Auflösung liegen innerhalb von ± 2 cm⁻¹. Die Genauigkeit der quantitativen Analyse liegt bei ± 10 % rel.

In der letzten Phase des Projektes werden dann die Gase in den Einschlüssen hinsichtlich ihrer stabilen Isotope untersucht. Hierbei werden die Proben, bei denen

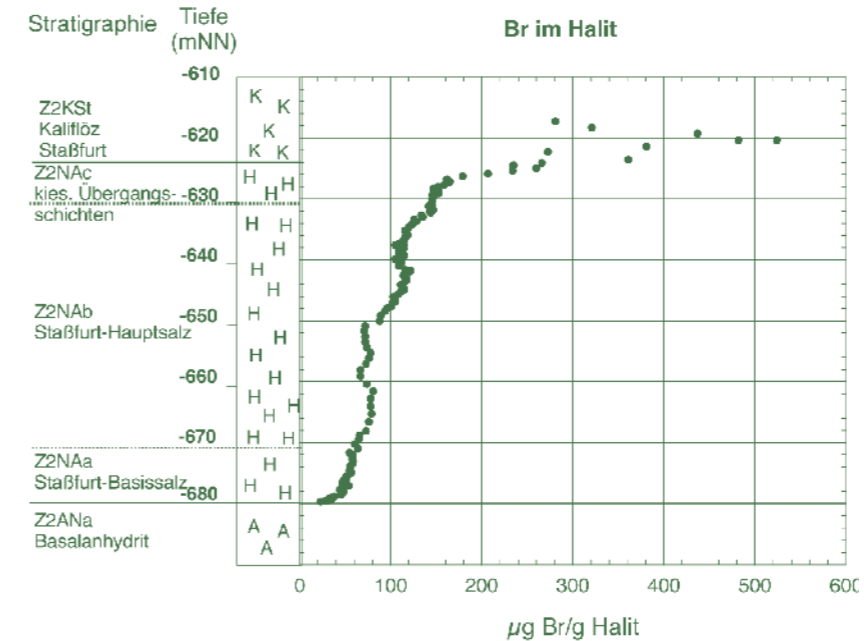


Abb. 5: Br-Profil der Bohrung in Zielitz. Details siehe Text / *Br-profile of the drilling core in Zielitz mine, see text for details*

Gaseinschlüsse gefunden wurden, in gasdichte Glasröhrchen mit Septum platziert, nachdem zuvor anhand der Petrographie zwischen primären und rekristallisierten Mineralkörnern unterschieden wurde. Für die Isolierung der Gase werden etwa 4 g der Probe in einem 12-mL-Glasröhrchen untergebracht. Das Röhrchen wird anschließend durch das Septum mit He geflutet und dann evakuiert. Zur Lösung der Salze und zum Freisetzen der Gase werden dann etwa 5 mL He-gesättigtes Wasser über das Septum zur Probe gegeben. Zur Beschleunigung des Lösungsprozesses wird das Glasröhrchen ins Ultraschallbad gelegt. Um eine möglichst vollständige Zerbröckelung der Mineralkörner zu bekommen, wird im Röhrchen ein kleiner Rührfisch platziert und das Röhrchen auf einen Magnetrührer gestellt. Die Gase aus den Einschlüssen sammeln sich auf diese Weise im Headspace des

Röhrchens, aus dem sie mittels der schon erwähnten gasdichten Spritzen isoliert werden können. Ihre Analyse erfolgt dann entsprechend der Gase auf den Korngrenzen mittels des GC-irMS.

3 Ergebnisse

Der Kern startet im Basalanhydrit (Z2ANA), gefolgt vom Stäufurt-Steinsalz (Z2NA) und endet im Kaliflöz Stäufurt (Z2KSt). Die Steinsalzabfolge ist weitgehend homogen ohne die Ausbildung der z. B. in Gorleben typischen Unterabschnitte wie Kristallbrockensalz und Liniensalz. Das Kaliflöz ist fast vollständig als Trümmern carnallitit ausgebildet und enthält Carnallit, Halit und Kieserit als Hauptminerale. Die wahre Mächtigkeit der Gesamtfolge beträgt etwa 60 m.

3.1 Petrographie und Einschlüsse

Stratigraphisch lässt sich das Na₂ in drei Abschnitte einteilen, die

sich auch in den weiteren Ergebnissen widerspiegeln. Von etwa -680 m bis -670 m NN erstreckt sich das Z2NAa, das Stäufurt-Basisatz. Darauf liegen 40 m Stäufurt-Hauptsatz (Z2NAb) bis -630 m und weitere 10 m Kieseritische Übergangsschichten (Z2NAc), gefolgt vom Kaliflöz Stäufurt (Z2KSt). Die Stratigraphie sowie die in den unterschiedlichen Abschnitten gefundenen Minerale in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit zeigt die Abb. 4. Die gefundenen Minerale entsprechen weitgehend den zu erwartenden Mineralparagenesen eines chemischen Sedimentes, welches sich aus eindunstendem Meerwasser heutiger chemischer Zusammensetzung bildet.

Die Mehrzahl der Halite zeigt eine kleinräumige Rekristallisation zu klarem Halit mit wenig Einschlüssen. Die vorkommenden Einschlüsse in diesen Haliten lassen sich grob in zwei Gruppen einteilen. Einerseits kommen gerundete Einschlüsse mit einem Durchmesser < 5 µm in Schwärmen auf ausgeheilten Rissen vor und andererseits sekundäre, 10–50 µm große Einschlüsse unterschiedlicher Form, die auf Spaltrissen liegen. Beide Typen von Einschlüssen enthalten in der Regel Lösung und Wasserdampf.

Abschnitte, in denen sich Halite mit Chevronstruktur erhalten haben, oder solche mit einem milchigen, wolkenartigen Aussehen finden sich in der Mitte und bevorzugt im Hangenden der Sequenz. Direkt unter dem Flöz konnten sogar Krusten mit deutlicher Chevron Struktur gefunden werden. Diese primären Halitkristalle ent-

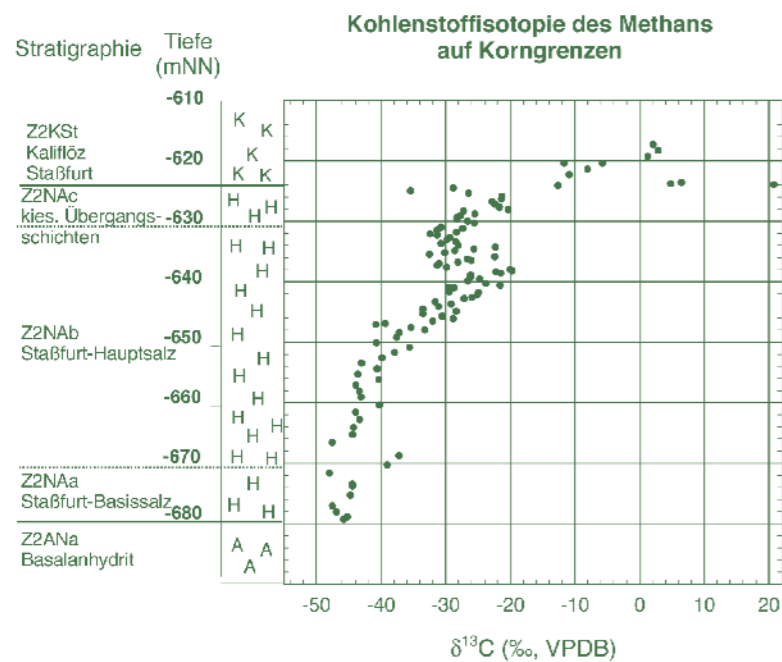


Abb. 6: $\delta^{13}C$ des Methans auf den Korngrenzen des Bohrkerns aus Zielitz / $\delta^{13}C$ of the methane on the grain boundaries of the drilling core in Zielitz mine

halten 1–50 μm große, kubische und einphasige Einschlüsse mit salinärer Lösung entlang der Wachstumsflächen. Sie stellen primäre Einschlüsse dar, die sich seit der Bildung der chemischen Sedimente in Form und chemischem Stoffbestand erhalten haben. In den Regionen direkt unterhalb des Flözes enthalten diese Einschlüsse nicht nur Lösung, sondern auch zusätzlich Gas und Kristalle sowie gelegentlich kleine Tropfen Öl. Dieses Arrangement kann auch in anderen, 50–100 μm großen, unregelmäßig geformten Einschlüssen gefunden werden, die sich in cm großen transparenten Haliten befinden, die von Chevron-Kristallen umgeben sind. Man geht bislang davon aus, dass diese transparenten Halite entstanden sind, indem primäre Kristalle rekristallisiert sind. Dabei laufen „necking down“ Prozesse ab, die wiederum primäre Einschlüsse

lösungen mobilisieren, um dann in diesen Haliten Felder mit sehr heterogenen Einschlusstypen zu produzieren (z. B. reine Gaseinschlüsse neben reinen Lösungseinschlüssen). Man kann davon ausgehen, dass der Stoffbestand dieser Einschlüsse derjenige aus der Zeit der Bildung der chemischen Sedimente ist, auch wenn die Form der Einschlüsse eindeutig sekundär ist. Die mittels der Raman-Spektroskopie in diesen Einschlüssen identifizierten Kristalle stellen eine typische Abfolge der Minerale dar, die bei zunehmender Eindunstung von Meerwasser ausfallen, angefangen bei Anhydrit und Polyhalit über Kieserit, Epsomit, Blödit bis zum Carnallit. Diese Einschlusskristalle sind immer mit Gas oder Lösung vergesellschaftet.

Das Kaliflöz enthält reichlich kleinste Gaseinschlüsse, die dispers verteilt im Mutterkristall (z. B. Carnallit) vorkommen. Diese Einschlüsse

se, die während des Kristallwachstums eingefangen wurden, können als primär angesehen werden.

Die Zusammensetzung der Gase aller Einschlüsse, analysiert mittels der Raman-Spektroskopie, zeigt eine Entwicklung im Verlauf der Sedimentation. Im unteren und mittleren Abschnitt der Bohrung sind die Konzentrationen der Gase eher gering und am Rande der Nachweisbarkeit mittels der Raman-Spektroskopie. Spuren von N_2 und H_2S sowie gelegentlich CH_4 und H_2 konnten nachgewiesen werden. Zum Hangenden der Abfolge steigen die Gasgehalte in den Einschlüssen deutlich an und CH_4 wird das dominante Gas neben N_2 und H_2 , H_2S spielt nur noch eine untergeordnete Rolle. Eine Zusammenstellung der Gase in den Einschlüssen zeigt die Abb. 3. Die Einschlüsse befinden sich in Halit und Carnallit. Die berechneten Mol % (Siemann and Ellendorff 2001) sind in Tab. 2 gelistet. Auffallend ist hierbei vor allem die starke Heterogenität der erzielten Ergebnisse. Die Gaszusammensetzungen schwanken von Einschluss zu Einschluss deutlich, insbesondere im obersten Abschnitt der Steinsalzabfolge mit N_2 -Gehalten von 0 bis 42 mol-%, CH_4 von 9–53 mol-% und H_2 von 8–89 mol-%. Im Bereich der basalen Halite kommen dagegen vornehmlich unregelmäßig geformte, sekundäre Ketten von Einschlüssen vor, die in der Regel Öl und CH_4 aufweisen.

3.2 Bromprofil

Für die Erstellung des Br-Profiles wurden ebenfalls die aufgelisteten Proben verwendet. Die erzielten Ergebnisse sind in Abbildung 5

dargestellt. Die Gehalte starten im basalen Halit bei –680 m mit 23 μg Br/g Halit und erreichen bereits nach 9 m etwa 50 μg Br/g Halit. Folgt man der Systematik von Kühn (1955), so liegt der Übergang von der Anhydrit- zur Polyhalitregion bei 170 μg Br/g Halit. Diesen Punkt hat das Profil bei etwa –626 m NN erreicht, wonach die Mächtigkeit der Anhydritregion etwa 45 m beträgt. Im Hangenden folgen etwa 1 m Polyhalitregion (170–230 μg Br/g Halit), 1 m Kieseritregion (230–280 μg Br/g Halit) und 2 m Carnallitregion (230–280 μg Br/g Halit). Bei –622 m NN beginnt das etwa 5 m mächtige und als Trümmercarnallit ausgebildete Kaliflöz. Die Halite in dieser Schicht weisen Gehalte zwischen 250 und 500 μg Br/g Halit auf. Die Br-Konzentrationen im Halit steigen mit zunehmender Ablagerung der chemischen Sedimente an (McCaf-

frey, et al. 1987; Siemann 2003). Geringe abfallende Verläufe lassen sich lediglich bei etwa –660 m und –650 m NN beobachten.

3.3 Stabile Isotope der Gase auf den Korngrenzen

Auf den Korngrenzen der Proben aus Zielitz wurde vor allem CH_4 und H_2 nachgewiesen. Signifikante und analysierbare Mengen an H_2 kommen jedoch nur im Bereich des Kaliflözes vor. Das δD_{H_2} dieser Proben liegt zwischen –667 ‰ und –719 ‰. CH_4 konnte in unterschiedlichen Volumina im gesamten Bohrkern nachgewiesen und analysiert werden. Hohe Methangehalte konnten sowohl an der Basis des Steinsalzes als auch im Übergang zum Kalisalzflöz sowie im Flöz selber festgestellt werden. Wenig Methan wurde dagegen im gesamten mittleren Bereich des Steinsalzhorizontes gefunden. Diese Beobachtung der Gase auf

den Korngrenzen deckt sich mit den Beobachtungen bei den Einschlüssen. Die Ergebnisse für das $\delta^{13}C$ und δD des Methans auf den Korngrenzen des Bohrkerns sind in Abb. 6 und Abb. 7 dargestellt. Es fällt auf, dass die $\delta^{13}C$ Werte des Methans im Verlauf des untersuchten Horizontes in Richtung auf das Flöz ansteigen. Sie beginnen im basalen Teil des Steinsalzes mit –45 ‰ bis –50 ‰ und steigen zu extrem ^{13}C -angereicherten Werten von bis zu +21 ‰ (Abb. 6).

Die δD -Werte an der Basis des Steinsalzes weichen stark und signifikant von denen des Kaliflözes ab. Während an der methanreichen Basis Werte von –145 bis –170 ‰ ermittelt wurden, liegen die Werte für das z2NAc bei –370 ‰ und im Kaliflöz bei –240 ‰, beides extrem 1H -angereicherte beziehungsweise 2H -verarmte Werte (Abb. 7).

3.4 Stabile Isotope der Gase in den Einschlüssen

Halite mit wolkenartig verteilten Einschlüssen oder Chevronstrukturen enthalten so genannte primäre Einschlüsse. Sowohl der Stoffbestand als auch die Gestalt der Einschlüsse haben sich seit der Bildung des Wirtsminerals nicht verändert. Einschlüsse aus 18 Proben im Bereich zwischen –615 und –645 m NN konnten in ausreichender Menge separiert werden. Die Ergebnisse zeigt die Abbildung 8. Neben diesen primären Einschlüssen enthalten die Halite des Bohrkerns auch sekundäre Einschlüsse in großer Zahl. Zum Vergleich mit den primären Einschlüssen wurden in deren unmittelbarer Nähe ebenfalls 12

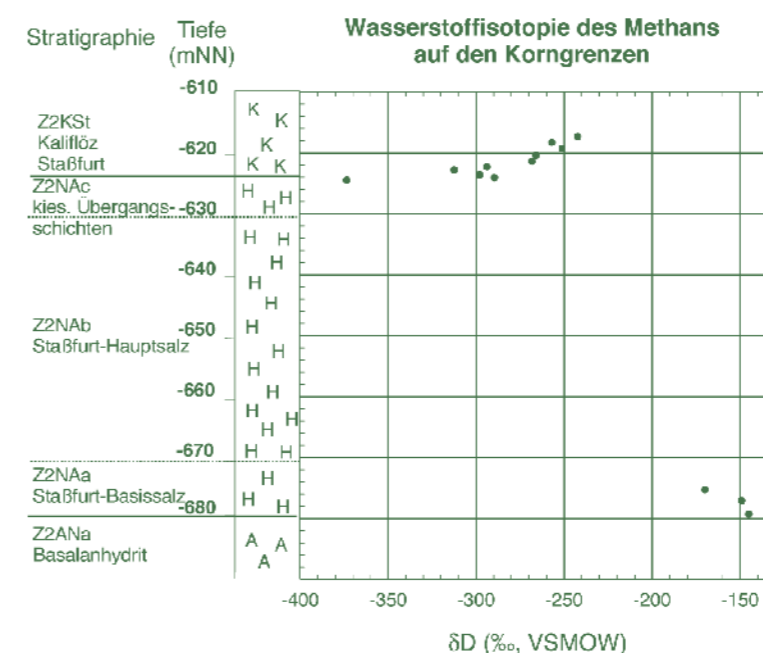


Abb. 7: δD des Methans auf den Korngrenzen des Bohrkerns aus Zielitz / δD of the methane on the grain boundaries of the drilling core in Zielitz mine

sekundäre Einschlüsse im Bereich zwischen -624 und -650 m NN analysiert. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Abbildung 8 dargestellt. Während die Isotopie des Methans der sekundären Einschlüsse im untersuchten Bereich weitgehend stabile Werte um -25 ‰ zeigt, steigen die Werte des Methans aus den primären Einschlüssen im Verlauf zunehmender Sedimentation von -30 ‰ bei -645 m auf +6,4 ‰ im Kalisalzflöz deutlich an. Somit ist wie schon bei den Gasen auf den Korngrenzen eine deutliche ¹³C-Anreicherung vom Liegenden zum Hangenden festzustellen.

4 Diskussion

Hauptsächlich wurden in den untersuchten Gesteinen Methan und nur untergeordnet Wasserstoff gefunden. Nur sehr selten und nie in Quantitäten, die eine isotopische Untersuchung zuließen, wurden Stickstoff oder Sauerstoff gefun-

den. In vorangegangenen Projekten (Siemann 1999; Siemann and Ellen-dorff 2001) wurde das Vorhandensein von N₂-O₂-Mischungen im Verhältnis von etwa 80:20 mol% als Paläoluft in Einschlüssen interpretiert. Ein Ziel dieses Vorhabens war, diese Interpretation durch Daten der stabilen Isotope des Sauerstoffs und des Stickstoffs zu überprüfen. Die oben genannten Mischungen von Stickstoff und Sauerstoff konnten nur in sehr seltenen Fällen in einzelnen Einschlüssen der Bohrkern gefunden werden.

In keinem der Fälle reichte der Gehalt aus, um eine isotopische Untersuchung vorzunehmen. Auf Korngrenzen wurde Luft in diesem Vorhaben nie gefunden. Aufgrund dieser Ergebnisse lag der Schwerpunkt der Untersuchungen und Interpretationen dieses Vorhabens auf dem Methan und falls vorhanden auf Wasserstoff und Stickstoff.

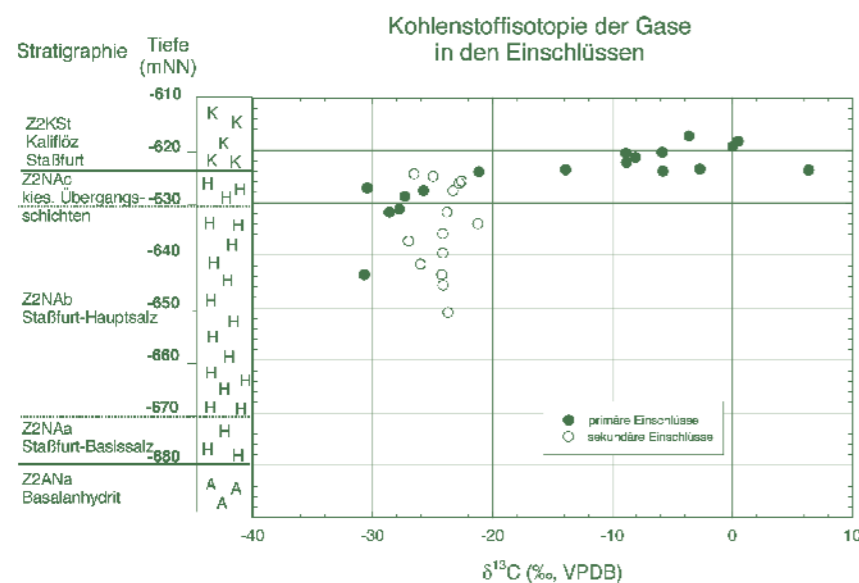


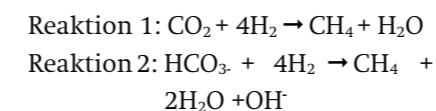
Abb. 8: ¹³C des Methans aus den primären und sekundären Einschlüssen in Haliten des Bohrkerns / ¹³C of the methane from the primary and secondary inclusions in halites from the drilling core

4.1 Methanentstehung im Sediment
Grundsätzlich gibt es drei Hauptpfade für die Bildung von biogenem Methan, die thermogene Bildung, die CO₂-Reduktion und die bakterielle Fermentation (Schlegel 1992). Neben reinen Bildungen existieren in der Natur noch Übergänge und Mischungen dieser Bildungspfade. Die sich ergebenden Korrelationsfelder von ¹³C und ²H des Methans dieser Bildungspfade sind in Abbildung 9 dargestellt (Gerling 1988).

Thermogenes Methan entsteht aus organischer Materie, wenn die Gesteine, die diese Materie enthalten, bei der Versenkung aufgeheizt werden. Dieses Methan ist in der Regel mit Öl vergesellschaftet und kann ¹³C-Werte von -20 bis -50 ‰ sowie ²H-Werte von -00 bis -300 ‰ aufweisen. Die Werte repräsentieren generell den Grad der Umwandlung der organischen Materie sowie die maximale Temperatur, die bei der Ölbildung erreicht wurde. Die Mehrzahl des Öl-assoziierten Methans im Temperaturfenster von 90 bis 120 °C weist ¹³C- und ²H-Werte von -40 und -50 ‰ sowie -170 bis -200 ‰ auf. Mit steigender Temperatur und Methanbildung können die ¹³C- und ²H-Werte auf -20 ‰ und -100 ‰ ansteigen.

Die beiden anderen Möglichkeiten der Methanbildung basieren auf mikrobiellen Reaktionen. Grundsätzlich entstehen aus Biomasse bei der anaeroben bakteriellen Gärung Produkte wie Alkohole, Kohlendioxid und Wasserstoff. Diese stehen dann anderen Bakterien zur Verfügung, die diese Produkte dann in anaerober Atmung Methan (methanogene Bakterien), unter

Anwesenheit von Sulfat Schwefelwasserstoff (Desulfurikanten) und unter Anwesenheit von Nitrat Stickstoff (Denitrifikanten) produzieren. Nachdem zunächst aus der Biomasse durch gärende Bakterien Wasserstoff und Kohlendioxid einerseits sowie Acetat andererseits produziert wird, können dann methanogene Bakterien den Wasserstoff zur Carbonat-Reduktion benutzen (Carbonat-Atmung,) und andererseits können sie das Acetat zu Methan und Kohlendioxid umsetzen (Fermentation) (Abb. 10). Die Carbonatreduktion erfolgt nach den beiden Reaktionsgleichungen:



Es wird angenommen, dass die Carbonat-Reduktion die dominante Bildung von Methan im marinen Milieu darstellt. Das dabei entstehende Methan hat ¹³C- und ²H-Werte im Bereich von -60 bis -110 ‰ beziehungsweise -160 bis -250 ‰. Der Fraktionierungsfaktor des ¹³C zwischen CO₂ und CH₄ liegt dabei zwischen 1,065 und 1,070 (Whiticar et al. 1986; Clark 1997), der von ²H zwischen H₂O und CH₄ ist 1,2.

Die bakterielle Fermentation beinhaltet die Umsetzung der Methylgruppe eines organischen Substrats zu Methan. Vereinfacht kann das durch die folgende Reaktionsgleichung der Umsetzung des Acetats dargestellt werden:

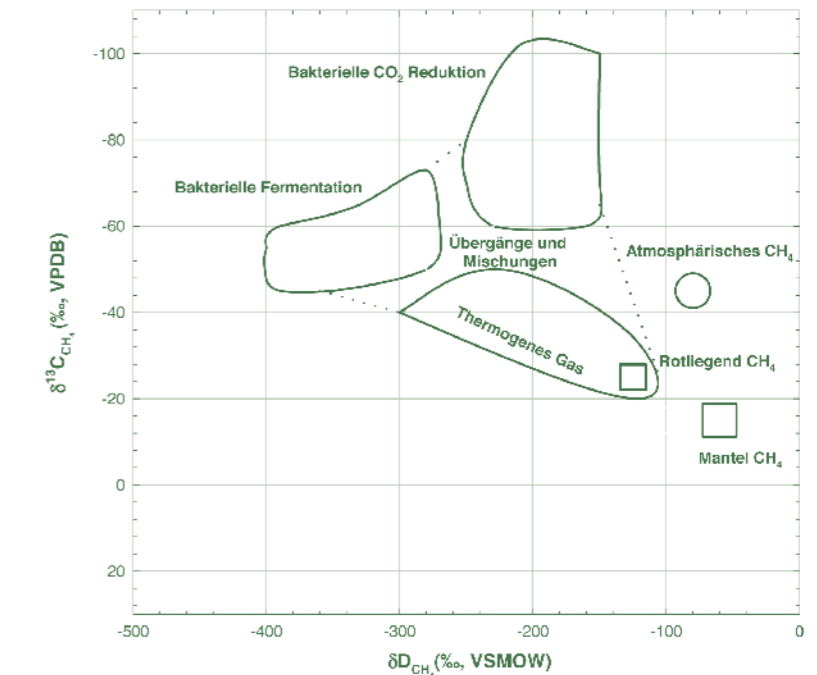
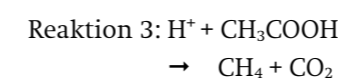


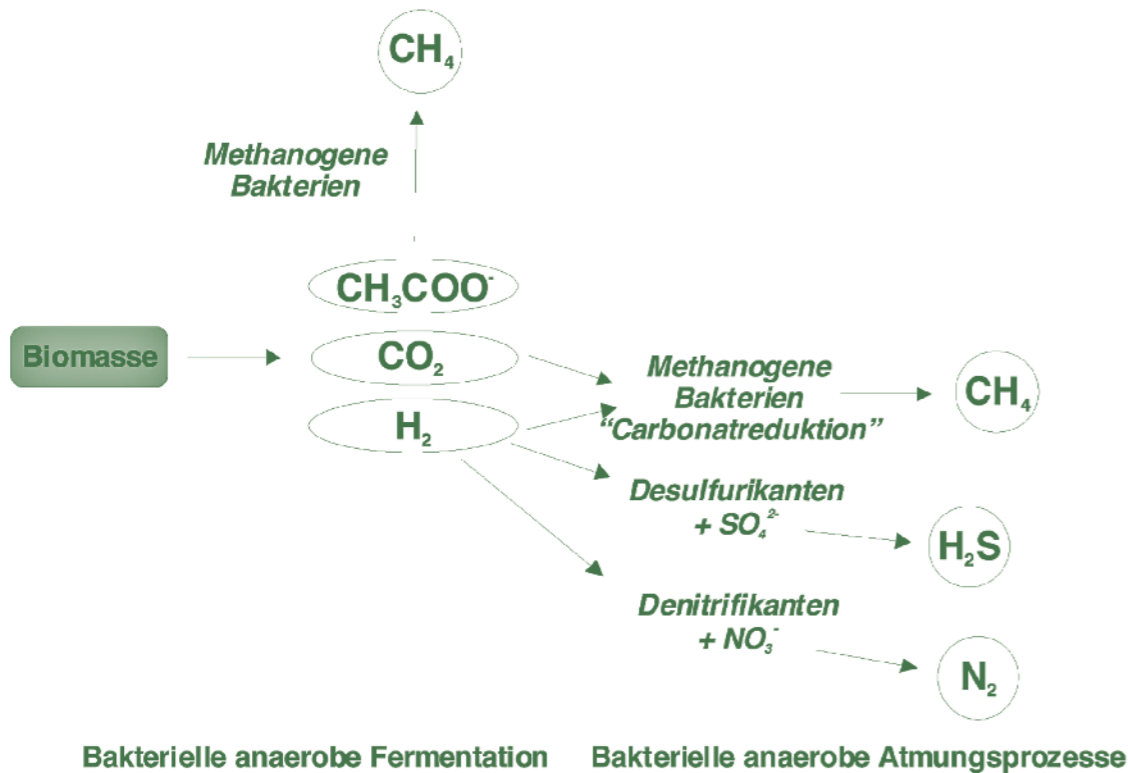
Abb. 9: Korrelationsdiagramm der C- und H-Isotopie des Methans (Gerling 1988). Siehe Text für Details / Correlation plot of the C- and H-isotopes of the methane (Gerling 1988), see text for details

Fermentation gilt als die Hauptquelle der Methanbildung im Frischwassermilieu, spielt aber auch sicherlich eine große Rolle bei marinen Sedimenten und ist im Gegensatz zur Carbonatreduzierung nicht durch das Vorhandensein von Wasserstoff in seiner Reaktion limitiert. Die bei der Fermentation resultierenden ¹³C- und ²H-Werte des Methans liegen zwischen -45 und -65 ‰ beziehungsweise -250 und -400 ‰, also deutlich vom Korrelationsfeld der Carbonatreduktion und der thermogenen Methanbildung getrennt. Der Fraktionierungsfaktor für ¹³C zwischen Acetat und Methan ist kleiner als bei der Carbonatreduktion und liegt in der Regel zwischen 1,045 und 1,050. Jedoch wurden in marinen Sedimenten auch Fraktionierungsfaktoren um 1,032 festgestellt. Der Fraktionierungsfaktor für ²H zwi-

schen Wasser und Methan beträgt 1,4 und ist deutlich höher als bei der Carbonatreduktion.

4.2 Geochemische Entwicklung der Evaporitsequenz in Zielitz

Das Br-Profil der Halite aus Zielitz zeigt kaum Hinweise auf Umkristallisationen durch Lösungen (Abb. 5). Es kann ein allmählicher modellhafter Anstieg der Br-Gehalte im Halit im Bereich des Steinsalzes beobachtet werden, der erst im Bereich der Kieseritischen Übergangszone stärker wird, wie es der Exponentialfunktion der Br-Verteilung (Braitsch and Herrmann 1963) zwischen Halit und eindunstendem Meerwasser entspricht. Lediglich im Bereich zwischen -650 und -660 m NN zeigen sich leichte Abweichungen von diesem Verhalten. Bei -660 m kann zunächst ein leichtes Absinken der Br-Gehalte



Bakterielle anaerobe Fermentation **Bakterielle anaerobe Atmungsprozesse**

Abb. 10: Pfade der bakteriellen Gasbildung im Sediment unter anaeroben Bedingungen (nach Schlegel 1992) | *Paths of bacterial gas formation in sediments under anaerobic conditions (after Schlegel 1992)*

beobachtet werden. Die Br-Gehalte bleiben dann bis etwa -650 m konstant, um dann sprunghaft anzusteigen. Ein weiteres, jedoch leichteres Abfallen der Br-Gehalte kann bei etwa -640 m nochmals beobachtet werden.

Da diese Änderungen der Br-Gehalte in Zielitz nur schwerlich mit tektonischen Verschiebungen der Salze und damit einer Umverteilung erklärbar sind, ist die wahrscheinlichste Ursache für die Änderungen eine Mischung des eindunstenden Meerwassers mit frischeren, geringer konzentrierten Wässern mit niedrigeren Br-Gehalten. Dies können entweder kontinentale Wässer oder vorangereichertes Meerwasser sein. Leider finden sich weder bei den im Bohrkern gefundenen Mineralen noch bei anderen geochemischen Parametern Hinweise, die diese Frage hinreichend klären können. Insgesamt kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Eindunstung der Staßfurt-Evaporite in Zielitz aus einem weitgehend

geschlossenen Meerwasserkörper stattfand und es nach der Bildung der chemischen Sedimente nicht mehr zu nennenswerten Umkristallisationen durch wässrige Lösungen gekommen ist. Eine Ausnahme hiervon stellen die Halite im Bereich des Basissalzes (Z2ANA) dar. Die Werte liegen direkt über dem Basalanhydrit bei 23 µg Br/g Halit und steigen in den ersten 9 m steil auf übliche Br-Gehalte basaler Halite im Zechstein von 50 µg Br/g Halit an. Eine prinzipielle Möglichkeit, die zur geochemischen Alteration dieses Bereiches des Steinsalzes geführt haben könnte, ist die Anwesenheit von sekundären Ölen, Methan und damit vergesellschafteten wässrigen Lösungen und deren Reaktion mit dem Halit. Hierfür spricht die starke Anreicherung von Methan und eben Ölen, die im Bereich des basalen Steinsalzes gefunden wurden. Alternativ kann das Steinsalz aber auch verändert worden sein, indem das bei der Umwandlung des Gipses zum Anhydrit freiwerdende Kristallwasser die Halite

umlöst und damit die Br-Gehalte bei der Rekristallisation absenkt. Man kann davon ausgehen, dass eine solche Umwandlung diagenetisch bei beginnender Versenkung stattfindet. Insofern würden auch die dem Anhydrit am nächsten gelegenen Partien des Steinsalzes stärker und vollständiger reagieren als die Salze, die räumlich etwas weiter entfernt sind. Bei den hier untersuchten Salzen wäre die Reaktionszone etwa 9 m, wobei die untersten Teile des Steinsalzes am Kontakt zum Anhydrit am stärksten umkristallisiert wurden. Die Reaktion hat sich dann zum Hangenden abgeschwächt.

Für die chemische Unversehrtheit des Staßfurt-Steinsalzes sprechen auch die Ergebnisse der stabilen Schwefel-Isotope. Der Mittelwert der $\delta^{34}\text{S}$ -Werte aller Anhydritproben beträgt +10,6 ‰, was dem zu erwartenden Wert für das Zechstein entspricht (Kramm u. Wedepohl 1991). Die Werte streuen mit $\pm 0,2$ ‰ nur sehr wenig, so dass es keinerlei Hinweise für che-

mische Umkristallisationen durch jüngere Wässer von außerhalb des Salzstocks gibt.

4.3 Herkunft des Methans und der vergesellschafteten Gase in Zielitz

Aus der Abbildung 11 wird deutlich, dass das Methan des Basissalzes eine andere Herkunft haben muss als das Methan am Top des Steinsalzes und im Flöz. Die Punkte für das Methan im Basissalz liegen in der Abbildung weitgehend im Feld der thermogenen Bildung oder in dessen unmittelbarer Nähe, was den Schluss zulässt, dass das Methan des Basissalzes postsedimentär bei der Versenkung durch Temperatureinwirkung entstanden ist. Diese Sichtweise wird durch die Beobachtungen der Einschlüsse im Basissalz gestützt, da diese auf Pfaden im Salz sowie auf Korngrenzen gefunden wurden, oft vergesellschaftet mit Öl.

Die stabilen Isotope des Methans für den oberen Teil der untersuchten Sequenz weisen vollkommen andere Werte auf und liegen in der Darstellung Abb. 11 aufgrund der außergewöhnlichen ^{13}C -Anreicherung des Methans außerhalb jedes bislang bekannten Korrelationsfeldes. Am Top des Steinsalzes beziehungsweise im Flöz ist das Methan mit Wasserstoff vergesellschaftet. Beide Gase werden auch in primären Einschlüssen in Halitkristallen des Steinsalzes und des Flözes gefunden. Die stabilen Isotope dieser Gase in den Einschlüssen zeigen ähnlich hohe Anreicherungen von ^{13}C im Methan wie die Gase auf den Korngrenzen, was den Schluss zulässt, dass eine genetische Verwandtschaft zwischen ihnen besteht.

Methan in Vergesellschaftung mit Gasen der bakteriellen Atmung wie Stickstoff, Wasserstoff und Schwefelwasserstoff kommt nur in den Bereichen oberhalb des Basissalzes vor. Ausschließlich im Basissalz dagegen wurde Öl in Vergesellschaftung mit Methan gefunden. Auch legt der sehr ähnliche Verlauf der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Methans auf den Korngrenzen und den primären Einschlüssen (Abbildung 6 und Abbildung 8) den Schluss nahe, dass es sich genetisch um verwandte Gase handelt.

Das Methan des Hauptsalzes und der Kieseritischen Übergangsschichten stammt nicht aus einer

thermogenen Bildung, sondern wurde zum Zeitpunkt der Sedimentbildung im eindunstenden Meerwasser gebildet und eingeschlossen. Die Ergebnisse der Einschlüsse, insbesondere das Vorhandensein von Wasserstoff, lassen die Fermentation als wahrscheinliche Methanquelle erscheinen, wobei die bakterielle Carbonatreduktion den Wasserstoff verbraucht hätte. Andererseits steht der Nachweis weiterer Fermentationsprodukte wie Kohlendioxid oder organische Säuren noch aus. Die δD -Werte des Methans im oberen Bereich des Steinsalzes und im Flöz von -370 bis -240 ‰ legen ebenfalls eher

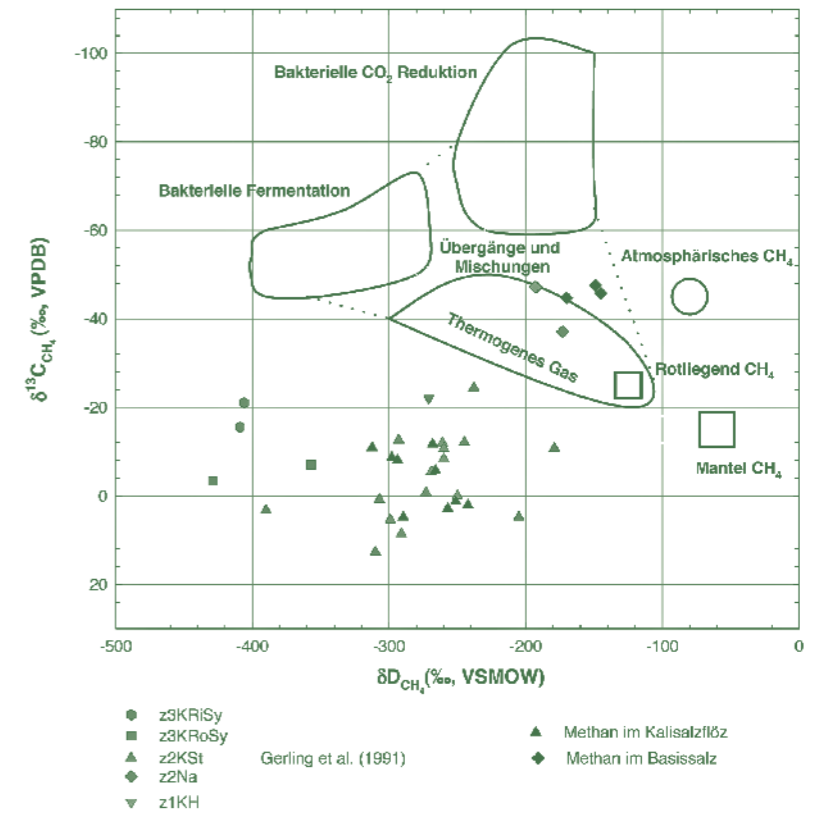


Abb. 11: Korrelationsdiagramm von $\delta^{13}\text{C}$ und δD des Methans für die Proben aus Zielitz sowie Daten aus der Literatur (Gerling et al. 1991) | *Correlation plot of $\delta^{13}\text{C}$ and δD of methane for the samples from Zielitz mine as well as data from the literature (Gerling 1991)*

eine bakterielle Fermentation als Quelle des Methans nahe als eine Reduktion des CO₂.

Geht man von einem initialen δD des Wassers von 0 ‰ (VSMOW) aus, und legt man die oben genannten Fraktionierungsfaktoren für Fermentation und Carbonat-Reduktion zugrunde, so ergeben sich δD-Werte des Methans von -370 bis -450 ‰ für die Fermentation und von -160 bis -200 ‰ für die Carbonat-Reduktion, was den Schluss nahelegt, dass die Fermentation die Hauptquelle der Methanbildung in dieser Sequenz war. Die Dominanz von Stickstoff und Schwefelwasserstoff im Hauptsalz legt wiederum den Schluss nahe, dass Nitrat-Atmung und Sulfat-Atmung die prägenden bakteriellen Reaktionen während der chemischen Fällung des Steinsalzes waren. Bei anhaltend reduzierenden Bedingungen und der Verringerung der Verfügbarkeit von Sulfat durch die fortschreitende Eindunstung wurden dann vermutlich die methanogenen Reaktionen dominant und sorgten für eine Methan-geprägte Gaszusammensetzung. Ein solches Szenario ist denkbar in hypersalinen, anaeroben Lösungen mit einem Eh-Wert von -600 mV (typisch in solchen Becken).

Gleichzeitig müssen die in Frage kommenden Bakterien auch halophil sein und die sehr geringen Wasseraktivitäten tolerieren. Die Zusammensetzung der Gase im Steinsalz legt den Schluss einer fortgesetzten Gasproduktion unter zunehmend schwierigeren Bedingungen nahe. Es konnte auch verschiedentlich gezeigt werden, dass halophile Bakterien über

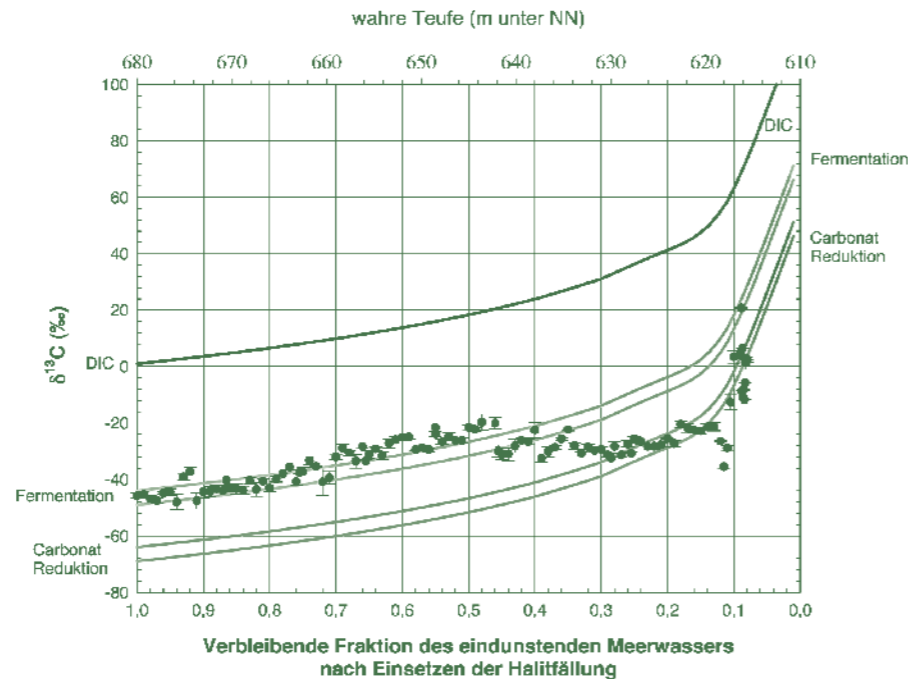


Abb. 12: Kinetisches Fraktionierungsmodell der Evaporation im Vergleich mit den gemessenen Werten des Methans auf den Korngrenzen der Proben aus Zielitz (Punkte). Die Carnallitfällung setzt etwa bei einer Fraktion von 0,1 des verbleibenden Meerwassers ein. Weitere Erklärungen siehe Text / *Model for the kinetic fractionation of the evaporation in comparison with measured data of the methane on the grain boundaries of the samples from Zielitz mine (dots). The precipitation of carnallite starts approximately when a fraction of 0,1 of the seawater remains. More details see text*

geologische Zeiträume in hochsalinaren Lösungen in Einschlüssen überleben können. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass die Sulfat-Reduktion die dominante bakterielle Reaktion ist. Methanogenese muss aber stattgefunden haben, denn es konnte in anderen Studien gezeigt werden, dass halophile methanogene Bakterien in hypersalinen Umgebungen leben können.

Um die Bildung des extrem ¹³C-angereicherten Methans in den Kieseritischen Übergangsschichten und im Flöz erklären zu können, muss ein Fraktionierungsprozess stattgefunden haben, der die iso-

topische Signatur des Kohlenstoffs mit typischen Fermentationswerten am Beginn der Sequenz verändert hat. Es gibt vier Hauptreaktionen, um ¹³C entsprechend anzureichern. ¹³C-angereichertes CO₂ und/oder gelöster anorganischer Kohlenstoff (dissolved inorganic Carbon, DIC) werden gewöhnlich im Zusammenhang mit Grundwässern gefunden, in denen Carbonat-Reduktion oder bakterielle Fermentation stattgefunden haben. Während der Carbonat-Reduktion wird das verbleibende CO₂ zunehmend schwerer, während das leichte CO₂ zum Methan reagiert. Das δ¹³C des DIC ist in solchen Grundwässern mit

bis zu +34 ‰ als sehr schwer analysiert (Clark 1997). Während der bakteriellen Fermentation ist das CO₂ im Vergleich zum gleichzeitig gebildeten CH₄ an ¹³C angereichert. Wird in einem solchen Milieu Carbonat gefällt, so können δ¹³C-Werte von bis zu +14 ‰ und +18 ‰ beobachtet werden (Dimitrakopoulos 1987). Diese Mechanismen können die in diesem Projekt beobachteten ¹³C-angereicherten Werte im Methan nicht erklären.

¹³C-angereichertes Methan kann aber auch durch mikrobielle Oxidationsreaktionen entstehen. Leichtes CO₂ wird aus CH₄ gebildet und reichert dabei das verbleibende Methan hinsichtlich ¹³C an (Coleman 1981; Dimitrakopoulos 1987). Die für ein reduziertes Milieu sprechende Gaszusammensetzung im Steinsalz dieser Untersuchungen ließe eine solche Reaktion durchaus zu. Weiterhin kann es durch Evaporation zu Fraktionierungen kommen. Während der Eindunstung werden die leichteren Isotope bevorzugt an die Atmosphäre abgegeben und die schweren demzufolge in der verbleibenden Lösung angereichert. Dieser Effekt ist beispielsweise sehr gut für die Isotope des Wassers bei der Eindunstung bekannt (Criss 1999), wurde aber auch für den Kohlenstoff untersucht (Clark 1997). So konnte beispielsweise eine Anreicherung von gelöstem anorganischem Kohlenstoff in Salinen von bis zu +16,5 ‰ beobachtet werden (Stiller et al. 1985). Angereicherte Calcite von bis zu +17 ‰ wurden in Karsthöhlen im Yukon, Canada gefunden (Clark 1992), die vermutlich kryogen gebildet wurden, ein schneller Kristallisationsprozess,

bei dem leichtes CO₂ verloren geht. Ein Evaporationsprozess für die ¹³C-Anreicherung im Methan scheint demnach die wahrscheinlichste Ursache für die Fraktionierung in den untersuchten Proben zu sein. Die beobachtete fortschreitende ¹³C-Anreicherung im Methan auf den Korngrenzen und den Einschlüssen könnte die Entwicklung der Kohlenstoffisotopie während der Eindunstung eines Meerwasserbeckens darstellen. Es kann ein Modell angenommen werden, in dem das eindunstende Meerwasserbecken, in dem die chemischen Sedimente gebildet wurden, einen geschlossenen Wasserkörper darstellt. Diese Annahme wird durch das Br-Profil unterstützt. Leichtes

CO₂ wurde bevorzugt an die Atmosphäre abgegeben und somit aus dem System entfernt. Das verbleibende, zunehmend schwerere CO₂ würde dann von den methanogenen Bakterien zur Produktion von CH₄ verwendet, welches dann ebenfalls zunehmend schwerere Isotopie aufweisen muss. Somit repräsentiert das Methan, welches auf Korngrenzen oder Einschlüssen festgehalten wird, die zunehmende Anreicherung des Kohlenstoffs.

Um die Anwendbarkeit eines solchen kinetischen Fraktionierungsmodells, welches auf Evaporation basiert, überprüfen zu können, müssen zunächst Modellrechnungen angestellt werden. Die Ergebnisse solcher Modellrechnungen sind in

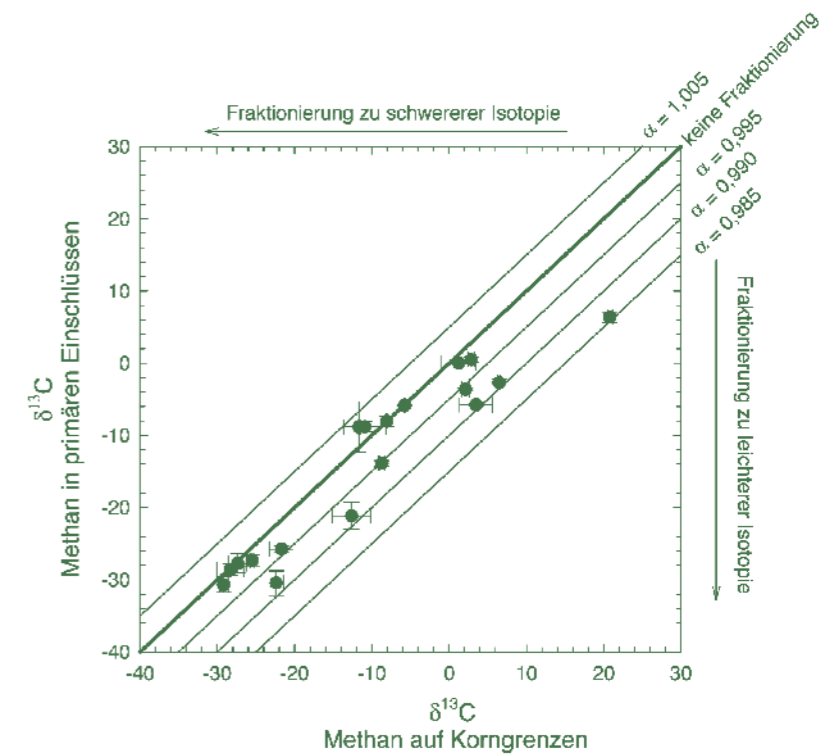


Abb. 13: δ¹³C-Werte des Methans auf den Korngrenzen im direkten Vergleich mit den Werten von Methan in unmittelbar benachbarten primären Einschlüssen. Punkte sind gemessene Daten, Details siehe Text / *δ¹³C of the methane on the grain boundaries in direct comparison with the data of methane in neighbored primary inclusions. Dots are measured data; see text for details*

Abb. 12 dargestellt. Der gelöste anorganische Kohlenstoff fraktioniert nach diesem Modell von normalen Meerwasserwerten ($\sim +1$ ‰) im Verlauf der Steinsalzfällung zu hochgradig ^{13}C -angereicherten Werten im Bereich der Carnallitbildung, wo die verbleibende Fraktion des eindunstenden Meerwasser etwa 0,1 beträgt. Bei der Berechnung wird eine Fraktionierung von 1,025 für Temperaturen zwischen 20 und 30°C angenommen (Criss 1999). Der Verlauf der $\delta^{13}\text{C}$ -Kurve im eindunstenden Meerwassers berechnet sich nach folgender Formel:

$$\delta f = \delta_0 - ((\alpha_{\text{kin}} - 1) \cdot 10^3) \cdot \ln f$$

wobei δf der δ -Wert in der verbleibenden Fraktion f ist, δ_0 der initiale δ -Wert und α_{kin} der kinetische Fraktionierungsfaktor (hier: 1,025).

Im nächsten Schritt wird davon ausgegangen, dass die Bakterien diesen Kohlenstoff zur Bildung von Methan verwenden. Unter Anwendung der Fraktionierungsfaktoren für die Fermentation ($\alpha_{\text{CH}_4, \text{Ferm}} - \text{DIC} = 1,045$ bis $1,050$) und Carbonatreduktion ($\alpha_{\text{CH}_4, \text{Cred}} - \text{DIC} = 1,065$ bis $1,070$) kann man dann die in der Abbildung 12 dargestellten Kurven für die Fermentation und Carbonatreduktion berechnen. Vergleicht man nun die berechneten Kurven mit den gemessenen Daten aus Zielitz, so wird deutlich, dass für den größten Teil der Evaporationsabfolge die Zementation der bestimmende Methanbildungsprozess war. Im oberen Bereich des Hauptsalzes hat dann die Carbonatreduktion als Methanbildungsprozess angefangen, eine Rolle zu spielen. Ab etwa -630 m NN, also

im gesamten oberen Steinsalz ist die Carbonatreduktion der bestimmende Prozess für die Methanbildung. Carnallitsättigung wird bei etwa 625 m beziehungsweise einer verbleibenden Meerwasserfraktion von 0,09 erreicht. Auch hier stimmen die modellierten $\delta^{13}\text{C}$ -Werte für die Carbonatreduktion sehr gut mit den gemessenen Werten im Kalisalzflöz überein.

Für die untersuchten Gase im Bohrkern aus Zielitz, insbesondere für das Methan, ist offensichtlich, dass sie postsedimentär keine oder nur sehr wenig Migration erfahren haben. Um das zu beobachtende $\delta^{13}\text{C}$ -Profil in dieser Form zu erhalten, ist eine schnelle diagenetische Umbildung schon sofort nach der Fällung der Bodenkörper nötig. In diesem Fall stellen die beobachteten Gasverteilungen eine „Augenblicksaufnahme“ der isotopischen Signatur des Kohlenstoffreservoirs im Eindunstungsbecken dar. In manchen Proben zeigen die Gase auf den Korngrenzen eine Anreicherung im Vergleich zu Proben in nahe gelegenen primären Einschlüssen (Abbildung 13).

In Abbildung 13 sind die Ergebnisse für die Kohlenstoffisotopie des Methans in den primären Einschlüssen und auf den Korngrenzen im direkten Vergleich aufgetragen. Es wird deutlich, dass etwa die Hälfte der Proben vergleichbare $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in beiden Arten von Vorkommen aufweist. Bei der anderen Hälfte kann eine Fraktionierung zugunsten der schwereren Isotope bei den Korngrenzengasen festgestellt werden. Das Ausmaß der Fraktionierung α lässt sich nach folgender Formel berech-

nen: $\alpha_{\text{Korngrenze/Einschluss}} = ((\delta^{13}\text{C}_{\text{Einschluss}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{Korngrenze}})/1000) + 1$. Die Fraktionierung α ergibt einen Wert um 1. Eine Fraktionierung um $+5$ ‰ entspricht einem α von 1,005, eine von -5 ‰ einem α von 0,995. Für die Fraktionierung des Kohlenstoffs im Methan beim Übergang von primären zu sekundären Einschlüssen ergeben sich Werte von bis zu $\sim 0,985$, also -14 ‰. Die meisten Proben liegen im Bereich von 0,995 bis 0,990, also -5 bis -10 ‰. Lediglich zwei Proben zeigen eine leichte Anreicherung der schwereren Isotope. Daher liegt der Schluss nahe, dass sich die Gase sehr kleinräumig von den Korngrenzen fortbewegt haben, bevor sie endgültig in den Einschlüssen fixiert wurden. Bei dieser Migration sind bevorzugt die leichteren C-Isotope bewegt worden, womit sich die schwereren auf den Korngrenzen anreichern konnten.

Entscheidend dürfte jedoch die Erkenntnis sein, dass sich die während der Sedimentation oder Diagenese gebildeten Gase offensichtlich in dieser tektonisch vergleichsweise wenig beanspruchten Struktur nicht wesentlich bewegt haben, also seit etwa 250 Millionen Jahren in dem Salzgestein fixiert geblieben sind. Das vermehrte Vorhandensein von molekularem Wasserstoff an der Basis und im Top der Abfolge spricht dafür, dass das ungestörte Salz eine weitgehend gasdichte geologische Barriere darstellt, sogar für das migrationsfreudige Wassermolekül.

5 Danksagung

Das dieser Publikation zugrunde liegende Vorhaben wurde mit

Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) unter dem Förderkennzeichen 02C0841 vom 01.07.2001 bis 30.06.2005 gefördert. Herrn Dr. Pitterich vom Projektträger Wassertechnologie und Entsorgung gilt mein Dank für die Förderung und Begleitung des Vorhabens. Die Bohrungen wurden von Herrn Dr. Lukas und Herrn Dr. Beer von der K+S Aktiengesellschaft vermittelt und organisiert. Hierfür gilt ihnen mein ausdrücklicher Dank. Herrn Dipl.-Geol. Feldberg und den Bergleuten des Werkes Zielitz der K+S KALI GmbH gilt mein aufrichtiger Dank für die hervorragende Begleitung der Bohrung.

6 Literatur

Braitsch, O. and A. G. Herrmann (1963). „Zur Geochemie des Broms in salinaren Sedimenten. Teil I: Experimentelle Bestimmung der Br-Verteilung in verschiedenen natürlichen Systemen.“ *Geochimica et Cosmochimica Acta* 27: 361-391.
Clark, I. D., Fritz, P. (1997). *Environmental isotopes in hydrogeology*. Boca Raton, Lewis Publisher.
Clark, I. D., Lauriol, B. (1992). „Kinetic enrichment of stable isotopes in cryogenic calcites.“ *Chemical Geology* 102: 217-228.
Coleman, D. D., Risatti, J. B., Schoell, M. (1981). „Fractionation of carbon and hydrogen isotopes by methane-oxidizing bacteria.“ *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45: 1033-1037.
Criss, R. E. (1999). *Principles of stable isotope distribution*. New York, Oxford, Oxford University Press.
Dimitrakopoulos, R., Muehlenbachs, K. (1987). „Biodegradation of petro-

leum as a source of ^{13}C -enriched carbon dioxide in the formation of carbonate cement.“ *Chemical Geology* 23: 293-307.

Gerling, P., Beer, W. W., Bornemann, O. (1991). „Gasförmige Kohlenwasserstoffe in Evaporiten des deutschen Zechsteins.“ *Kali und Steinsalz* 10: 376-383.

Gerling, P., Whiticar, M. J., Faber, E. (1988). „Extreme isotope fractionation of hydrocarbon gases in Permian salts.“ *Organic Geochemistry* 13: 335-341.

Kramm, U. and K. H. Wedepohl (1991). „The isotopic composition of strontium and sulfur in seawater of Late Permian (Zechstein) age.“ *Chemical Geology* 90: 253-262.

Kühn, R. (1955). *Mineralogische Fragen der in den Kalisalzlagern vorkommenden Salze*. Kalium-Symposium, Internationales Kali-Institut, Bern.

Löffler, J. (1962). *Die Kali- und Steinsalzlagerstätten des Zechsteins in der DDR, Teil III: Sachsen-Anhalt*. Berlin, Akademie-Verlag.

McCaffrey, M. A., B. Lazar, et al. (1987). „The evaporation path of seawater and the coprecipitation of Br- and K+ with halite.“ *Journal of Sedimentary Petrology* 57(5): 928-937.

Potter, J., Siemann, M. G. (2004). „A new method for determining $\delta^{13}\text{C}$ and δD simultaneously for CH_4 by gas chromatography/continuous-flow isotope-ratio mass spectrometry.“ *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 18: 175-180.

Roedder, E. (1984 a). *Fluid Inclusions*. Washington, The Mineralogical Society of America.

Roedder, E. (1984 b). „The fluids in salt.“ *American Mineralogist* 69: 413-439.

Schlegel, H. G. (1992). *Allgemeine Mikrobiologie*. Stuttgart, Thieme.

Siemann, M. G. (2003). „Extensive and rapid changes in seawater chemistry during the Phanerozoic: evidence from Br contents in basal halite.“ *Terra Nova* 15: 243-248.

Siemann, M. G. and B. Ellendorff (2001). „The composition of gases in fluid inclusions of Late Permian (Zechstein) marine evaporites in Northern Germany.“ *Chemical Geology* 173: 31-44.

Siemann, M. G., Mengel, K., Hützel, I., Lengelsen, H., Prohl, H. (1999). „Genese, Mobilisation und Migration fluider Komponenten in Salinargesteinen als natürliche Analoga für Mineralreaktionen und Stofftransporte in Untergrund-Deponien.“ *Clausthal-Zellerfeld, Technische Universität Clausthal*: 104.

Stiller, M., J. S. Rounick, et al. (1985). „Extreme carbon-isotope enrichments in evaporatin brines.“ *Nature* 316 (August): 434-435.

Stolle, E., W. Reichenbach, et al. (1975). „Genetische Gliederung der vertikalen und horizontalen Qualitätsgliederung des Flöz Ronnenberg (Zechstein 3) auf der Scholle von Calvörde und ihre Bedeutung für die Erkundung.“ *Z. geol. Wiss* 3: 143-155.

Van den Kerkhof, A. M., Hein, U. F. (2001). „Fluid inclusion petrography.“ *Lithos* 55: 27-47.

Whiticar, M. J., E. Faber, et al. (1986). „Biogenic methane formation in marine and freshwater environments: CO_2 reduction vs. acetate fermentation-Isotope evidence.“ *Geochimica et Cosmochimica Acta* 50: 693-709.

esco – european salt company GmbH & Co. KG

Personalien

Fredrik Nordberg, Geschäftsführer der esco Nordic (Göteborg/Schweden), hat das Unternehmen am 30. September 2007 auf eigenen Wunsch verlassen. Sein Nachfolger ist **Lars Hällegardh**, der bereits seit Jahresbeginn 2007 als Sales Manager für esco Nordic tätig ist.

Firmennachrichten

Im **Salzwerk Borth** wurde im Frühsommer dieses Jahres der Neubau einer Schachthalle fertiggestellt. Bereits im vergangenen Jahr waren das neue, 40 Meter hohe Fördergerüst errichtet sowie ein neuer Großkorb mit Gegengewicht in Borth eingebaut worden. Für die Errichtung der neuen Schachthalle war die Arbeitsgemeinschaft (ARGE Borth Schacht 2) zuständig, die bereits im Sommer 2006 zur Umsetzung und Realisierung der ersten beiden Projektstufen gegründet worden war. Die neue Anlage soll in der Endausbaustufe über eine höhere Nutzlast verfügen und optimiert die Seilfahrt für Personen und Transporte aufgrund des installierten Großkorbes für sperrige und großvolumige Güter.

K+S Aktiengesellschaft

Personalien

Dr. Ralf Bethke, ehemaliger Vorsitzender des Vorstands der K+S Aktiengesellschaft und früherer Vorstandsvorsitzender des VKS,

hat am 15. September 2007 sein 65. Lebensjahr vollendet.

Dr. Michael Schaper, Leiter des Funktionsbereiches Unternehmensentwicklung und Controlling, hatte am 1. November sein 25jähriges Dienstjubiläum.

Das frühere Vorstandsmitglied der Kali und Salz AG, **Dr. Willi Heim**, wurde im September dieses Jahres mit der Georg-Agricola-Denk Münze der Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff und Umwelttechnik e.V. (GDMB) ausgezeichnet. Damit werden seine Verdienste zum Aufbau und zur Erhaltung des Kalibergbaus in der Bundesrepublik Deutschland, insbesondere in Hessen, sein Engagement bei der Entwicklung der Untertageteknik im Kalibergbau und auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit sowie bei der Förderung von Kunst und Kultur im Bergbau gewürdigt. Die Georg-Agricola-Denk Münze wurde im Jahr 1924 erstmalig anlässlich der Hauptversammlung der GDMB in Freiberg gestiftet in Erinnerung an Georg Agricola, den Begründer der wissenschaftlichen Behandlung der Mineralogie sowie des Berg- und Hüttenwesens.

Firmennachrichten

Die Linea Ltd. (Hamilton/Bermuda) hat per 10. September dieses Jahres 6,75 Prozent der Anteile an der **K+S Aktiengesellschaft** erworben. Linea Ltd., ein Unternehmen, das Industriebeteiligungen des russischen Investors Andrej Melnichenko verwaltet, hält unter anderem eine Industriebeteiligung an der EuroChem Mineral and Chemical

Company, einem im Jahr 2001 gegründeten russischen Agrochemie-Unternehmen mit über 26.000 Mitarbeitern.

Die **K+S Consulting GmbH** – eine 100-prozentige Tochtergesellschaft der **K+S Aktiengesellschaft** – hat ihre 100-prozentige Beteiligung an der biodata ANALYTIK GmbH im mittelhessischen Linden an die Intertek Group plc (London) veräußert. Der Kaufvertrag wurde am 20. September dieses Jahres notariell beurkundet. Intertek gehört mit mehr als 20.000 Mitarbeitern und einem Umsatz von rund 900 Millionen € zu den weltweit größten Analytik- und Prüfunternehmen. Intertek unterhält ein weit gespanntes Netz von Laboren und Niederlassungen in mehr als 100 Ländern. Mit biodata will Intertek die regionale Präsenz in Deutschland verbessern. Die **K+S Gruppe** wird auch zukünftig im Bereich Analytik mit biodata zusammenarbeiten.

K+S KALI GmbH

Personalien

Dr. Klaus-Dieter Müller, ehemaliger Geschäftsführer der K+S KALI GmbH (Bereiche Produktion und Technik), vollendete am 22. September sein 60. Lebensjahr.

Firmennachrichten

Der **Standort Unterbreizbach** des Werkes Werra hat am 21. Oktober 2007 die Versenkung von Salzabwässern in der Gerstunger Mulde vorerst eingestellt. Denn die im Probetrieb genehmigte

Versenkmenge wurde erreicht und die bereits im April dieses Jahres beim Thüringer Landesbergamt beantragte weitere Versenkgenehmigung ist noch nicht erteilt worden. Seit Anfang November werden deshalb die in Unterbreizbach anfallenden Salzlösungen in der ehemaligen Grube Springen zwischengespeichert. Dieser Entsorgungsweg steht allerdings nur zeitlich befristet bis Ende Mai 2008 zur Verfügung. Im Interesse einer verlässlichen Perspektive für den Standort erwartet K+S vom Thüringer Landesbergamt nun eine Entscheidung über die vor einem halben Jahr beantragte Genehmigung zur weiteren Versenkung in der Gerstunger Mulde.

Am **Standort Wintershall** des **Werkes Werra** ist am 16. Juli der Grundstein für das neue Müllheizwerk der E.ON-Energie-Tochter BKB AG gelegt worden. Ab 2009 wird die Anlage den wesentlichen Teil der Energieversorgung übernehmen und damit die Kaliproduktion des Standorts in erheblichem Maße von den Kosten für Erdgas abkoppeln.

Das niedersächsische Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) in Clausthal-Zellerfeld hat Mitte August die Erweiterung der Rückstandshalde für das Kaliwerk Sigmundshall genehmigt. Der entsprechende Planfeststellungsantrag war im Januar 2005 gestellt worden.

Im **Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall des Werkes Werra** ist im Herbst dieses Jahres die weltweit erste TRITON-Kläranlage mit Ultramembrantechnologie und

selbst reinigenden Keramikfiltern in Betrieb genommen worden. Ziel ist es, die mit dem Abbaufortschritt zunehmenden Transportwege für das unter Tage eingesetzte Fäkalienfahrzeug zu verringern und die Schachttransporte zu reduzieren. Mit einer biologisch-mechanischen Abwasserbehandlung ist die neue Kläranlage in der Lage, 10 Kubikmeter Fäkalien pro Woche zu reinigen und ein geklärtes Wasser in Badewasserqualität zu erzeugen. Dieses Wasser wird sowohl für den Fahrbahnbau als auch im Werkstattbereich genutzt.

Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.

Der Verband der Kali- und Salzindustrie e.V. (VKS) hat sein diesjähriges Presse-seminar zum Thema Winterdienst am 22. November 2007 in Wiesbaden veranstaltet. Die Veranstaltung trug das Motto „Winterdienst-Management in der Praxis“.

Rede und Antwort standen den Journalisten die Referenten Dr.-Ing. Christian Holldorb von der Beratungsgesellschaft Holldorb Consult in Karlsruhe und Dr.-Ing. Axel Norkauer vom Landesbetrieb für Straßenbau in Neunkirchen/Saarland. Die Referenten stellten aktuelle Projekte zum hohen Nutzen von Winterdienst-Management-Systemen aus der Schweiz und aus dem Saarland vor.

Winterdienst-Management-Systeme stellen ein wirkungsvolles Instrument dar, um den Winter-

dienst aus der Sicht Verkehrsfluss, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umwelt zu optimieren. Hohe Verkehrsbelastungen zusammen mit schwierigen Streckenführungen erschweren im Winter den Einsatz der Räum- und Streudienste. Organisatorische Herausforderungen müssen gemeistert werden. Hier erhöhen Winterdienst-Management-Systeme die gesamte Leistungsfähigkeit des Winterdienstes. Positive Auswirkungen auf Umwelt und Verkehrssicherheit kommen hinzu.

